



**SKRIPSI – TK 141581**

**EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI DARI GAHARU (*Aquilaria Malaccensis*) DENGAN MENGGUNAKAN METODE *MICROWAVE HYDRODISTILLATION* DAN *SOLVENT-FREE MICROWAVE EXTRACTION***

Oleh :

**Linda Putri Leksono**  
**NRP. 02211545000008**

**Dosen Pembimbing**  
**Prof. Ir. Dr. Mahfud, DEA**  
**NIP. 196108021986011001**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA 2018**

# LEMBAR PENGESAHAN

## **“EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI DARI GAHARU (*Aquilaria Malaccensis*) DENGAN MENGGUNA METODE *MICROWAVE- HYDRODISTILLATION* (MHD) DAN *SOLVENT-FREE MICROWAVE EXTRACTION (SFME)*”**

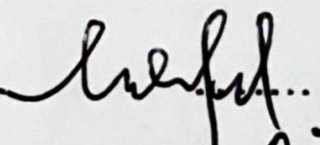
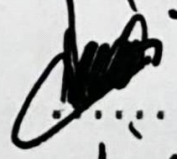
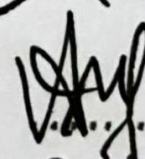
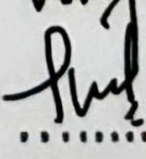
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Jurusan  
Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Oleh:

**Linda Putri Leksono**

**NRP 02211545000008**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA.  (Pembimbing I)
2. Ir. Ignatius Gunardi, M.T  (Penguji I)
3. Dr. Lailatul Qadariyah, S.T., M.T  (Penguji II)
4. Ni Made Intan Putri S. S.T., M.T  (Penguji III)



**Surabaya  
Juli, 2018**

**EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI DARI GAHARU (*Aquilaria Malaccensis*) DENGAN MENGGUNA METODE *MICROWAVE-HYDRODISTILLATION* (MHD) DAN *SOLVENT-FREE MICROWAVE EXTRACTION* (SFME)**

**Nama/NRP** : Linda Putri Leksono  
(02211545000008)  
**Jurusan** : Teknik Kimia FTI-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA

**ABSTRAK**

Minyak atsiri merupakan salah satu komoditas ekspor agro industri potensial yang dapat menjadi andalan bagi Indonesia untuk mendapatkan devisa. Dari komoditas minyak atsiri yang saat ini masih potensial, minyak gaharu merupakan salah satu jenis minyak atsiri yang masih dapat dikembangkan. Akan tetapi pada umumnya, pengambilan minyak atsiri dari gaharu masih menggunakan metode konvensional seperti *hydrodistillation*, *soxhlet extraction*, dan *accelerated solvent extraction* (ASE) yang membutuhkan waktu cukup lama untuk menghasilkan minyak dengan mutu yang bagus.

Oleh karena itu perlu dikembangkan *green technique* yang lebih efektif dan efisien untuk mengekstraksi minyak gaharu. Salah satu metode yang potensial yang dapat digunakan untuk mengekstraksi minyak gaharu adalah metode *Microwave-Assisted Extraction*. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari ekstraksi minyak gaharu dengan metode *Microwave Hydrodistillation* (MHD) dan *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME). Selain itu dari kedua metode tersebut akan dibandingkan *yield* dan mutu minyak gaharu dengan SNI, serta mempelajari kondisi operasi optimal untuk ekstraksi minyak gaharu dengan metode MHD dan SFME yang meliputi daya *microwave*, rasio *feed to solvent*, rasio *feed to distiller*, dan waktu ekstraksi yang dibutuhkan. Variabel yang digunakan yaitu: metode ekstraksi (MHD dan SFME), daya *microwave* (300, 450, dan 600 W), rasio *feed to solvent* untuk bahan

serbuk (0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 g mL<sup>-1</sup>), cacah (0,3; 0,4; 0,5; 0,6 g mL<sup>-1</sup>), rasio *feed to distiller* untuk bahan serbuk (0,01; 0,015; 0,02; 0,025 dan 0,03 g mL<sup>-1</sup>), cacah (0,015; 0,02; 0,025; 0,03 g mL<sup>-1</sup>), waktu ekstraksi untuk MAHD (12 jam), waktu ekstraksi untuk SFME (6 jam).

Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa Yield minyak gaharu untuk bahan serbuk lebih besar menggunakan metode SFME dibandingkan dengan metode MHD. Metode MHD dan SFME dengan massa dan daya yang sama yaitu 10 g dan 300 W menghasilkan yield sebesar 0,2847 % untuk metode MHD dan 1.9030 % untuk metode SFME. Sedangkan Yield minyak gaharu untuk bahan cacah lebih besar menggunakan metode MHD dibandingkan dengan metode SFME. Metode MHD dan SFME dengan massa daya yang sama yaitu 20 g dan 300 W menghasilkan yield sebesar 1.1341 % untuk metode MHD dan 0.5370 % untuk metode SFME.

**Kata kunci:** *Aquilaria Malaccensis*, *Microwave Hydrodistillation*, *Solvent-Free Microwave Extraction*, minyak gaharu.



**ESSENTIAL OIL EXTRACTION OF *Aquilaria Malaccensis*  
USING *MICROWAVE HYDRODISTILLATION* (MHD)  
SOLVENT-FREE MICROWAVE EXTRACTION METHOD  
(SFME)**

**Nama/NRP : Linda Putri Leksono  
(02211545000008)**  
**Jurusan : Teknik Kimia FTI-ITS**  
**Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA**

**ABSTRACT**

Essential oil is one of export commodities agroindustry that has potential to be a mainstay for Indonesia to get foreign exchange. From the commodities of some essential oils, which is still potential is agarwood oil. Generally, the extraction of essential oil from *Aquilaria malaccensis* still use conventional methods such as hydrodistillation, Soxhlet extraction, and accelerated solvent extraction (ASE) which takes a long time to produce essential oil with good quality.

Therefore, it is necessary to develop green technique more effective and efficient for extraction for agarwood oil. One method that potentially can be used to extract the agarwood oil are Microwave-Assisted Extraction methods. Therefore, the purpose of this research is to study the extraction of agarwood oil with Microwave Hydrodistillation (MHD) and Solvent-Free Microwave Extraction (SFME) methods. Additionally from two methods will be compare the yield and quality of essential oil against the previous researches or other standard and to determine the optimal operating conditions for extraction of essential oil from *Aquilaria malaccensis* by of MAHD and SFME methods which includes the microwave power, feed to solvent ratio, feed to distiller ratio, condition of the material, and extraction time. The variables used such as: extraction method (MAHD and SFME), microwave power (300, 450, and 600 W), feed to solvent ratio salwdust (0,30; 0,40; 0,50; and 0,60 g mL<sup>-1</sup>) then count (0,3; 0,4; 0,5; 0,6 g mL<sup>-1</sup>), feed to distiller ratio salwdust (0,01; 0,015; 0,02; 0,025 dan 0,03 g mL<sup>-1</sup>)

then count (0,015; 0,02; 0,025; 0,03 g mL<sup>-1</sup>), condition of the material (wet and dry), extraction time for MAHD (12 hour), extraction time for SFME (6 hour).

From the results of the study it can be seen that the gaharu oil yield for the powder material is greater using the SFME method compared with the MHD method. The MHD and SFME methods with the same mass and power of 10 g and 300 W yielded a yield of 0.2847% for the MHD method and 1.9030% for the SFME method. While the gaharu oil yields for cuttings are larger using the MHD method than the SFME method. The MHD and SFME methods with the same power masses of 20 g and 300 W yielded yields of 1.1341% for the MHD method and 0.5370% for the SFME method.

**Keywords : Aquilaria Malaccensis, Microwave-Assisted Hydrodistillation, Solvent-Free Microwave Extraction, gaharu oil.**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Subhana Wa Ta'ala yang telah memberikan kekuatan sehingga kami dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul :

**“EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI DARI GAHARU (AQUILARIA  
MALACCENSIS) DENGAN MENGGUNAKAN METODE MICROWAVE  
HYDRODISTILLATION DAN SOLVENT-FREE MICROWAVE EXTRACTION”**

Penulisan laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan pada jenjang S-1 untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Departemen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Juwari, S.T, Ph.D, selaku Ketua Departemen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.
2. Ibu Dr. Lailatul Qadariah, S.T, M.T, selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA., selaku Dosen Pembimbing dan Kepala Laboratorium Teknologi Proses, di Laboratorium Teknologi Proses atas bimbingan dan saran yang telah diberikan.
4. Bapak dan Ibu Dosen pengajar serta seluruh karyawan Departemen Teknik Kimia.
5. Orangtua dan keluarga kami atas segala kasih sayang dan pengertian yang telah diberikan.
6. Heri Septya Kusuma, S.Si., M.T., teman-teman Laboratorium Teknologi Proses Teknik Kimia, rekan – rekan Lintas Jalur dan K-53 atas kebersamaannya.
7. Semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak, sehingga kami dapat menyelesaikan proposal skripsi ini.

Kami menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan ini, yang membutuhkan saran yang konstruktif demi penyempurnaannya.

Surabaya, 23 Juni 2018

Penyusun

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Perumusan Masalah.....	4
I.3 Tujuan Penelitian.....	4
I.4 Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
II.1 Gaharu ( <i>Aquilaria malaccensis</i> ) .....	6
II.2 Minyak Gaharu .....	8
II.3 Metode Ekstraksi Konvensional .....	9
II.3.1 <i>Hydrodistillation</i> .....	10
II.3.2 <i>Steam Distillation</i> .....	11
II.3.3 <i>Steam-Hydrodistillation</i> .....	12
II.4 Metode Ekstraksi dengan Gelombang Mikro ( <i>Microwave-Assisted Extraction</i> ).....	13
II.4.1 <i>Microwave hydrodistillation</i> (MHD).....	14
II.4.2 <i>Microwave Accelerated Steam Distillation</i> .....	15
II.4.3 <i>Solvent-Free Microwave Extraction</i> (SFME).....	17
II.5 Parameter Minyak Atsiri.....	19
II.5.1 Berat Jenis .....	19
II.5.2 Kelarutan .....	19
II.6 Penelitian Terdahulu .....	19
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
III.1 Garis Besar Penelitian .....	22



III.2 Bahan dan Alat .....	22
III.2.1 Bahan Untuk Distilasi .....	22
III.2.2 Deskripsi Peralatan Penelitian.....	22
III.2.1 Peralatan untuk Metode <i>Microwave Hydrodistillation</i> (MHD)....	22
III.2.2 Peralatan untuk Metode <i>solvent-free microwave extraction</i> .....	23
III.3 Prosedur Penelitian .....	24
III.3.1 Metode <i>Microwave Hydrodistillation</i> .....	24
III.3.2 Metode <i>Solvent-Free Microwave Extraction</i> .....	25
III.4 Diagram Alir Penelitian.....	26
III.5 Kondisi Operasi dan Variabel Penelitian.....	28
III.5.1 Kondisi Operasi.....	28
III.5.2 Variabel Penelitian .....	28
III.6 Besaran Penelitian yang Diukur .....	28
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
IV.1 Proses Ekstraksi Minyak Atsiri dari Gaharu .....	30
IV.2 Parameter yang Berpengaruh pada Ekstraksi Minyak Gaharu dengan Metode <i>Microwave Hydrodistillation</i> dan <i>Solvent-Free</i> <i>Microwave Extraction</i> .....	31
IV.2.1 Pengaruh Daya Microwave terhadap <i>Yield</i> Minyak Gaharu.....	31
IV.2.2 Pengaruh Lama Waktu Ekstraksi terhadap <i>Yield</i> Minyak Gaharu.....	34
IV.2.3 Pengaruh Rasio antara Massa Bahan Baku dengan Volume <i>Distiller</i> terhadap <i>Yield</i> Minyak Nilam .....	36
IV.2.4 Pengaruh Rasio antara Massa Bahan Baku dengan Volume <i>Solvent</i> terhadap <i>Yield</i> Minyak Nilam .....	38
IV.3 Hasil Analisa Properti Fisik dan Kimia Minyak Gaharu .....	40
IV.3.1 Hasil Analisa SEM Gaharu .....	41
IV.3.2 Hasil Analisa GC-MS Minyak Gaharu .....	44
V.1 Kesimpulan.....	46
V.2 Saran .....	47
DAFTAR PUSTAKA.....	xi

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar II.1</b>	Tanaman gaharu .....	7
<b>Gambar II.2</b>	Skema peralatan <i>hydrodistillation</i> .....	11
<b>Gambar II.3</b>	Skema peralatan <i>steam-distillation</i> .....	12
<b>Gambar II.4</b>	Skema peralatan <i>steam-hydrodistillation</i> .....	13
<b>Gambar II.5</b>	Skema peralatan <i>microwave-assited extraction</i> .....	15
<b>Gambar II.6</b>	Skema peralatan <i>microwave accelerated steame distillation</i> .....	13
<b>Gambar II.7</b>	Skema peralatan <i>solvent-free microwave extraction</i> .....	13
<b>Gambar III.1</b>	Skema peralatan metode <i>microwave hydrodistillation</i> .....	23
<b>Gambar III.2</b>	Skema peralatan metode <i>solvent-free microwave extraction</i> .....	24
<b>Gambar III.3</b>	Diagram alir penelitian untuk ekstraksi minyak nilam dengan menggunakan metode <i>microwave hydrodistillation</i> .....	26
<b>Gambar III.4</b>	Diagram alir penelitian untuk ekstraksi minyak nilam dengan menggunakan metode <i>solvent-free microwave extraction</i> .....	27
<b>Gambar IV.1</b>	Pengaruh daya <i>microwave</i> terhadap <i>yield</i> minyak gaharu yang diperoleh dengan metode <i>microwave hydrodistillation</i> .....	32
<b>Gambar IV.2</b>	Perbandingan <i>yield</i> minyak gaharu yang diperoleh dengan metode <i>microwave hydrodistillation</i> dan <i>solvent-free microwave extraction</i> .....	33
<b>Gambar IV.3</b>	Pengaruh lama waktu terhadap <i>yield</i> minyak gaharu yang diperoleh dengan metode <i>microwave hydrodistillation</i> .....	35
<b>Gambar IV.4</b>	Pengaruh lama waktu terhadap <i>yield</i> minyak gaharu yang diperoleh dengan metode <i>solvent-free microwave extraction</i> .....	36
<b>Gambar IV.5</b>	Pengaruh rasio massa bahan baku terhadap volume <i>distiller</i> pada minyak gaharu yang diperoleh dengan metode <i>solvent-free microwave extraction</i> .....	37
<b>Gambar IV.6</b>	Pengaruh rasio massa bahan baku terhadap volume <i>distiller</i> pada minyak gaharu yang diperoleh dengan metode <i>microwave hydrodistillation</i> .....	38

<b>Gambar IV.7</b>	Hasil ekstraksi minyak gaharu dengan metode <i>microwave hydrodistillation</i> dan <i>solvent-free microwave extraction</i> .....	41
<b>Gambar IV.8</b>	Hasil SEM dari gaharu dengan perbesaran 1.000 kali.....	43

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel II.1</b>	Perbandingan metode ekstraksi minyak gaharu .....	9
<b>Tabel II.6</b>	Penelitian terdahulu.....	19
<b>Tabel IV.1</b>	Komponen dari minyak gaharu yang diekstraksi dengan metode <i>microwave hydrodistillation</i> dan <i>solvent-free</i> <i>microwave extraction</i> .....	44
<b>Tabel IV.6</b>	Klasifikasi produk mutu gaharu berdasarkan SNI .....	47



# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam baik hayati maupun non-hayati. Sumberdaya alam hayati terlihat dengan melimpahnya macam-macam jenis flora yang tersebar di berbagai wilayah di seluruh pelosok tanah air. Dari sumber daya hayati ini selanjutnya dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri dan bahan perdagangan yang menghasilkan devisa negara serta pendorong pertumbuhan ekonomi negara. Salah satu sumber devisa yang didapatkan oleh negara yaitu melalui produksi minyak atsiri.

Minyak atsiri merupakan metabolit sekunder yang termasuk dalam kelompok besar minyak nabati yang berwujud cairan kental pada suhu ruang namun mudah menguap serta dijadikan ciri khas aroma dari suatu jenis tumbuhan dari kandungan yang dimilikinya. Terdapat tiga cara dalam pengambilan minyak atsiri yaitu pengempaan, ekstraksi menggunakan pelarut, dan destilasi.

Indonesia termasuk salah satu negara penghasil utama minyak atsiri di dunia. Terdapat kurang lebih 45 jenis tanaman penghasil minyak atsiri tumbuh di Indonesia, namun baru kira-kira 15 jenis yang sudah menjadi komoditi ekspor, yaitu minyak sereh wangi (*Citronella oil*), minyak akar wangi (*Vetiver oil*), minyak nilam (*Patchouli oil*), minyak kenanga (*Cananga oil*), minyak cendana (*Sandalwood oil*), minyak pala dan fuli (*Nutmeg and Mace oil*), minyak daun, gagang dan bunga cengkeh (*Clove leaf, stem, bud oil*), minyak lawang (*Cullilawan oil*), minyak massoi (*Massoi oil*), minyak pangi (*Sassafras oil*), minyak jahe (*Ginger oil*), minyak lada (*Black pepper oil*), minyak gaharu (*Agarwood oil*), minyak terpentin (*Turpentine oil*), minyak kayu putih (*Cajeput oil*) minyak daun jeruk purut (*Kafir lime oil*), sementara di pasar Internasional terdapat 90 jenis minyak atsiri yang diperdagangkan (Ma'mun, 2006). Dari berbagai komoditas minyak atsiri tersebut saat ini gaharu memiliki nilai jual yang cukup tinggi yaitu sebesar US 1500 per tola sebanyak 11,7 g (Wong et al., 2015). Akan tetapi metode yang digunakan saat ini ekstraksi minyak atsiri dari gaharu saat ini secara umum masih dilakukan dengan menggunakan metode

konvensional seperti *hydrodistillation*, *soxhlet extraction*, dan *accelerated solvent extraction* (ASE) (Sulaiman et al., 2015).

Hal ini didukung dari penelitian yang telah dilakukan oleh Sulaiman et al. (2015) yaitu pada ekstraksi minyak gaharu dengan metode *hydrodistillation* menggunakan 200 g gaharu 2000 ml air selama 14 hari menghasilkan yield sebesar 0,18%, *soxhlet extraction* menggunakan 10 g gaharu 300 ml n-hexane selama 16 jam menghasilkan yield sebesar 1.67%, dan *accelerated solvent extraction* (ASE) menggunakan 10 g gaharu pada suhu 140°C selama 90 menit menghasilkan yield sebesar 2,12%. Dari beberapa metode konvensional tersebut dapat dilihat bahwa ekstraksi minyak gaharu masih menghasilkan *yield* yang relative lebih rendah, membutuhkan waktu yang relatif lama dan membutuhkan biaya yang besar.

Karena lamanya waktu dan masih kecilnya *yield* yang didapat dari metode konvensional tersebut, maka perlu dilakukan pengembangan terhadap metode pengambilan minyak atsiri yaitu dengan metode *Microwave-Assisted Extraction* (MAE). Beberapa metode MAE yang saat ini telah dikembangkan antara lain *Microwave Hydrodistillation* (MHD), *Microwave Steam Distillation* (MSD), *Microwave Steam Diffusion* (MSDf), dan lain-lain. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Jila Asghari, et al., (2012) menunjukkan bahwa penggunaan *microwave* lebih efisien apabila dibandingkan dengan menggunakan metode konvensional yaitu *hydrodistillation*. Hal ini dapat dilihat dari *yield* yang dihasilkan pada ekstraksi minyak atsiri dari *Ferulago angulate* menggunakan metode *Microwave Hydrodistillation* (MHD) dengan bahan baku 50 gram dan 750 ml air pada daya *microwave* 650 W selama 70 menit didapatkan *yield* sebesar 3,8%, sedangkan untuk *hydrodistillation* dengan bahan sebanyak 100 gram dan 1200 ml air selama 3 jam didapatkan *yield* sebesar 1,7% (Jila Asghari, et al., 2012)

Pengembangan lanjutan dari beberapa metode *Microwave-Assisted Extraction* (MAE) tersebut adalah metode *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME). Dari penelitian yang telah dilakukan oleh Dita dan Intan (2016) dengan bahan baku kemangi menggunakan metode *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME) menghasilkan *yield* sebesar 3,070% untuk bahan baku kemangi segar dengan rasio 0.25 g/mL, ukuran  $\pm 3$  cm, daya 380 W, sedangkan untuk bahan baku kemangi kering menghasilkan *yield* sebesar 1.731% dengan rasio 0.05 g/mL, ukuran  $\pm 1,5$  cm, daya

380 W dan waktu yang sama yaitu 60 menit. Hal ini jika dibandingkan dengan metode MHD memiliki *yield* lebih rendah yaitu 1.607% untuk bahan baku kemangi segar dengan rasio yang sama, sedangkan untuk bahan baku kemangi kering menghasilkan *yield* sebesar 0.707% dengan rasio yang sama (Putri dan Dewi, 2016).

Jika dibandingkan dengan metode terdahulu yaitu metode *hydrodistillation* dengan bahan baku kemangi segar menghasilkan *yield* sebesar 0,171% dengan massa bahan segar 2,5 kg, ukuran cacah, waktu 5 jam (Hanif et al., 2011). Sedangkan untuk bahan kenanga menggunakan metode *Microwave Hydrodistillation* (MHD) menghasilkan *yield* sebesar 1,9702% dengan massa bahan segar 200 gram, ukuran 2 cm, waktu 3 jam, dan daya 600 W (Mahfud et al., 2011).

Selain itu berdasarkan penelitian Golmakani and Moayyedi (2015) yang telah mengekstrak minyak atsiri dari kulit jeruk lemon dengan menggunakan metode *hydrodistillation*, MHD dan SFME, dapat diketahui bahwa metode SFME dan MHD memiliki kelebihan dibandingkan metode *hydrodistillation* sebelumnya. Hal ini dibuktikan dengan hasil penelitian tersebut yang menunjukkan bahwa ekstraksi minyak jeruk lemon menggunakan metode *hydrodistillation* dengan *peel-to-water ratio* 1:9 didapatkan *yield* sebesar  $1,22 \pm 0,14\%$  (w/w) selama 120 menit. Pada ekstraksi minyak jeruk lemon menggunakan metode MHD dengan *peel-to-water ratio* 1:9 dan daya sebesar 1200 W didapatkan *yield* sebesar  $1,18 \pm 0,08\%$  (w/w) selama 15 menit. Sedangkan ekstraksi minyak jeruk lemon menggunakan metode SFME dengan *peel-to-water ratio* 1:1 dan daya sebesar 1200 W didapatkan *yield* sebesar  $1,36 \pm 0,06\%$  (w/w) selama 15 menit.

Berdasarkan uji GC/MS dapat diketahui bahwa perubahan komposisi dari minyak yang terekstrak tidak berbeda secara signifikan dari ketiga metode ekstraksi yang digunakan. Selain itu hal ini dapat dilihat dari kadar limonen yang merupakan komponen terbesar di dalam minyak jeruk lemon. Pada ekstraksi minyak jeruk lemon dengan metode *hydrodistillation*, MAHD, dan SFME didapatkan kadar *limonene* masing-masing sebesar  $63,15 \pm 4,47\%$ ;  $61,62 \pm 4,36\%$ ; dan  $58,58 \pm 4,14\%$ . Sehingga dari penelitian tersebut dapat dikatakan bahwa metode SFME memiliki kelebihan dibandingkan metode MAE sebelumnya. Dimana kelebihan dari metode SFME tersebut antara lain memiliki laju ekstraksi yang lebih cepat, *yield*, dan juga tidak

mempengaruhi kualitas minyak atsiri yang terekstrak karena tidak membutuhkan pelarut (Golmakani and Moayyedi, 2015).

Oleh karena itu pada penelitian ini akan dilakukan ekstraksi minyak atsiri dari bahan baku gaharu menggunakan metode MHD dan SFME. Selain itu juga akan ditentukan kondisi operasi optimal untuk masing-masing metode tersebut dalam mengekstraksi minyak gaharu. Dengan menggunakan metode tersebut diharapkan dapat diperoleh *yield* dan kualitas minyak gaharu yang lebih optimal.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Pada penelitian ini ekstraksi minyak atsiri dari gaharu dilakukan dengan menggunakan metode *Microwave Hydrodistillation* (MHD) dan *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME). Metode MHD merupakan pengembangan dari metode *hydrodistillation* dengan menggunakan microwave sebagai pemanas. Sedangkan metode SFME merupakan metode ekstraksi menggunakan *microwave* sebagai pemanas tanpa adanya penambahan pelarut. Sehingga rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh dari daya *microwave*, rasio *feed to solvent*, rasio *feed to distiller*, dan waktu ekstraksi terhadap *yield* dari minyak gaharu yang di ekstraksi dengan metode MHD dan SFME?
2. Bagaimana pengaruh dari kualitas minyak gaharu yang dihasilkan dengan MHD dan SFME?

## **I.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini meliputi :

1. Mengetahui pengaruh dari daya *microwave*, rasio *feed to solvent*, rasio *feed to distiller*, dan waktu ekstraksi terhadap *yield* dari minyak gaharu yang di ekstraksi dengan metode MHD dan SFME
2. Mengetahui pengaruh dari kualitas minyak gaharu yang dihasilkan dengan MHD dan SFME



#### **I.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini meliputi :

1. Memberikan informasi mengenai proses pengambilan minyak gaharu yang optimal dan minyak gaharu yang memiliki mutu yang dapat diterima di pasaran.
2. Sebagai bahan referensi dan informasi bagi penulis selanjutnya yang tertarik untuk mengkaji dan meneliti tentang pengambilan minyak dari bahan baku gaharu.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 Gaharu (*Aquilaria malaccensis*)

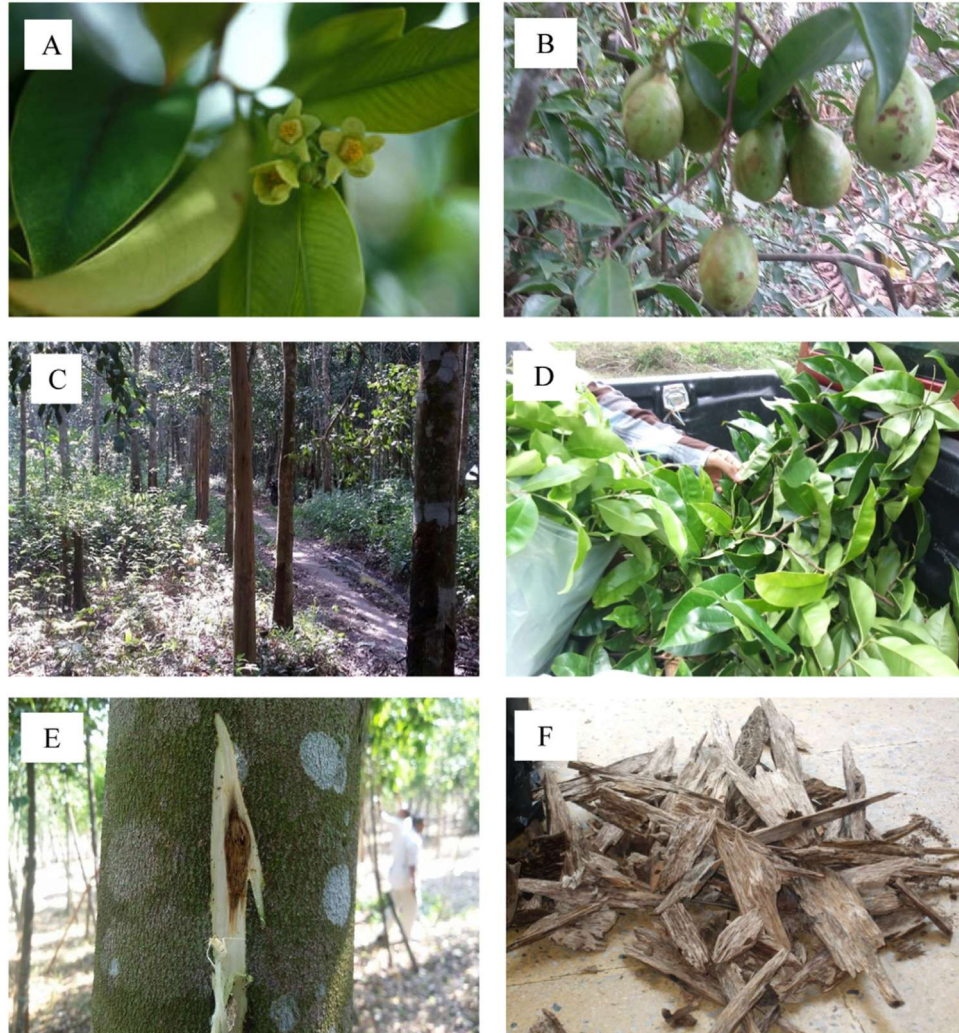
*Aquilaria malaccensis*, juga dikenal sebagai *agarwood* atau gaharu adalah salah satu dari 23 spesies Indo-Malaysia genus *Aquilaria* keluarga *Thymeleaceae* dan kelas Magnoliopsida. *Aquilaria malaccensis* merupakan pohon tinggi yang selalu hijau dan dapat ditemukan di Bangladesh, Bhutan, India, Indonesia, Malaysia, Myanmar, Filipina, Singapura, dan Thailand (Samadi *et al.*, 2016).

Pohon gaharu memiliki tinggi sepanjang 40 meter dan berdiameter 60 centimeter (Nurdiyana, 2008). Pohon gaharu dapat tumbuh di dataran rendah hingga dataran tinggi dan hampir semua jenis tanah. Pohon ini memiliki permukaan batang licin, warna keputihan, kadang beralur dan kayunya agak keras. Di Indonesia letak tanaman gaharu menyebar dari Sumatera hingga Papua. Jenis pohon penghasil gaharu yang sangat populer di Indonesia adalah *Aquilaria malaccensis*, *Aquilaria microcarpa*, *Aquilaria beccariana*, *Aquilaria hirta*, *Aquilaria filaria*, *Aquilaria cumingiana* dan *Aquilaria Gyrinops*. Walaupun penyebaran secara alaminya menyeluruh di wilayah Indonesia, akan tetapi pohon penghasil gaharu tersebut tumbuh dan tersebar secara terpencar dan tidak merata. Pohon Gaharu jenis *Aquilaria malaccensis* banyak dijumpai di pulau Sumatera, *Aquilaria cumingiana* banyak ditemukan di hutan – hutan pulau Seram dan pulau – pulau kecil disekitarnya. Sementara itu pohon gaharu jenis *Aquilaria filaria* banyak ditemukan di Papua. Sedangkan untuk *Aquilaria Gyrinops* dapat ditemukan di propinsi Nusa Tenggara Timur, Nusa Tenggara Barat dan sebagian di Propinsi Sulawesi Selatan, Sulawesi Barat, Sulawesi Tengah dan Sulawesi Utara walaupun dalam jumlah yang terbatas.

Taksonomi tanaman gaharu (*Aquilaria malaccensis* Lamk.) adalah :

Kingdom	: Plantae (tumbuhan)
Divisi	: Spermatophyta (tumbuhan biji)
Sub Divisi	: Angiospermae (tumbuhan biji tertutup)
Kelas	: Dikotil (berbiji belah dua)
Sub Kelas	: Dialypetale (bebas daun bermahkota)
Ordo	: Myrtales (daun tunggal duduknya bersilang)

Famili : Thymeleaceae (akar berserabut jala)  
Genus : Aquilaria



Species : *Aquilaria malaccensis* Lamk.

**Gambar II.1** *Aquilaria* spp. (A) flowers (*A. malaccensis*), (B) fruits (*A. malaccensis*), (C) trees in a plantation (*A. malaccensis*), (D) leaves (*A. subintegra*), (E) agarwood (resin) formation (*A. malaccensis*), and (F) resin impregnated wood chips (mixture of different species of *Aquilaria*) (Photo: Abbas, 2010, Kajang, Selangor, Malaysia).

*Aquilaria malaccensis* atau gaharu adalah salah satu jenis tanaman hutan yang memiliki mutu sangat baik dengan nilai ekonomi tinggi karena kayunya mengandung resin yang harum. Karena penggunaan yang tinggi (dalam pengobatan, parfum dan serpihan kayu), *Aquilaria malaccensis* dianggap sebagai pohon yang berharga dan

penting di Negara – Negara Asia Tenggara. Mengingat pohon gaharu biasanya dapat digunakan sebagai obat tradisional untuk menghilangkan rasa sakit demam rematik, penangkal muntah dan asma (Samadi *et al.*, 2016).

## II.2 Minyak Gaharu

Minyak Gaharu atau yang dikenal sebagai *agarwood oil* dianggap sebagai salah satu produk minyak yang paling mahal diantara jenis minyak atsiri lainnya karena wangi aroma yang terkandung didalamnya. Pohon gaharu terinfeksi oleh jamur untuk memproduksi oleoresin yang jenuh kayu. Pohon yang terinfeksi jamur mengeluarkan bau wangi melindungi minyak sampai ke daerah luka seperti akar, cabang atau bagian batang yang menjadi lebih keras dan lebih gelap (Bakar, 2012). Minyak yang diekstrak dari pohon gaharu yang diperoleh dari lokasi berbeda memiliki kualitas yang bervariasi. Kualitas minyak gaharu dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kualitas bahan baku, metode distilasi dan keterampilan yang digunakan dalam pengolahan. Minyak gaharu dapat digunakan sebagai obat-obatan, dupa dan aromaterapi (Jok *et al.*, 2015). Selain itu, di negara Arab minyak gaharu digunakan sebagai parfum .

Berdasarkan penelitian terdahulu untuk mengekstrak minyak gaharu dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti *hydrodistillation*, *Soxhlet*, dan *accelerated solvent extraction* (Sulaiman *et al.*, 2015). Minyak gaharu yang diekstraksi dengan metode yang berbeda dapat menghasilkan *yield* dan komposisi minyak yang berbeda. Hal ini dapat dilihat dari penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh Sulaiman *et al.* (2015). Dari ketiga metode yang telah digunakan oleh Sulaiman *et al.* (2015) untuk mengekstrak minyak gaharu dapat diketahui bahwa *yield* tertinggi diperoleh dengan menggunakan metode *accelerated solvent extraction* (*yield* sebesar 2,12%). Sedangkan ekstraksi minyak gaharu dengan menggunakan metode *Soxhlet* dan *hydrodistillation* diperoleh *yield* masing-masing sebesar 1,67% dan 0,18%. Dimana *yield* dari masing-masing metode diperoleh dengan kondisi operasi yang berbeda-beda. Untuk metode *accelerated solvent extraction* digunakan kondisi operasi pada saat suhu 150°C dengan waktu 90 menit. Untuk metode *Soxhlet* digunakan kondisi operasi pada suhu 70°C dengan waktu 16 jam. Sedangkan untuk metode *hydrodistillation* digunakan kondisi operasi pada suhu 100°C dengan waktu 72 jam. Berdasarkan analisa secara organoleptis dapat diketahui bahwa minyak gaharu yang diperoleh memiliki warna yang berbeda



dimana pada metode *accelerated solvent extraction* berwarna cokelat tua, metode *Soxhlet* berwarna cokelat muda sedangkan metode *hydrodistillation* berwarna hijau tua. Berdasarkan analisa GC-MS terdapat 5 komponen utama yang terkandung didalam minyak gaharu diantaranya 3-phenyl-2-butanone,  $\alpha$ -guaiene,  $\alpha$ -agarofuran, 10-epi- $\gamma$ -eudesmol dan agarospirol. Masing-masing komponen utama tersebut memiliki presentase yang berbeda untuk setiap metode ekstraksi yang digunakan. Kandungan dari 5 komponen utama yang diperoleh pada metode *accelerated solvent extraction* adalah sebesar 21,6% dengan komponen tertingginya adalah 10-epi- $\gamma$ -eudesmol sebesar 10,20%. Untuk metode *Soxhlet* diperoleh kandungan total dari komponen utama adalah sebesar 9,51% dengan komponen tertingginya adalah agarospirol sebesar 5,49 %. Sedangkan untuk metode *hydrodistillation* diperoleh kandungan total dari komponen utama sebesar 5,08% dengan komponen tertingginya adalah agarospirol sebesar 2,78%.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Sulaiman *et al.* (2015) dapat disimpulkan bahwa *yield* tertinggi dari minyak gaharu diperoleh dengan menggunakan metode *accelerated solvent extraction* sebesar 2,12% pada suhu 150<sup>0</sup>C selama 90 menit. Hal tersebut menunjukkan bahwa metode *accelerated solvent extraction* lebih efisien dibandingkan dengan kedua metode lainnya.

**Tabel II.1** Perbandingan dari Metode yang digunakan untuk Ekstraksi Minyak Gaharu  
(Sulaiman *et al.*, 2015)

Komponen	Metode		
	<i>Accelerated solvent extraction</i>	<i>Soxhlet</i>	<i>Hydrodistillation</i>
3-phenyl-2-butanone	1,59%	0,25%	-
$\alpha$ -guaiene	2,64%	2,83%	-
$\alpha$ -agarofuran	0,97%	0,22%	0,27%
10-epi- $\gamma$ -eudesmol	10,20%	0,72%	2,03%
agarospirol	6,20%	5,49%	2,78%
<b>Yield</b>	2,12%	1,67%	0,18%
<b>Kondisi Operasi</b>	150 <sup>0</sup> C, 90 menit	70 <sup>0</sup> C, 16 jam	100 <sup>0</sup> C, 72 jam

### III.3 Metode Ekstraksi Konvensional

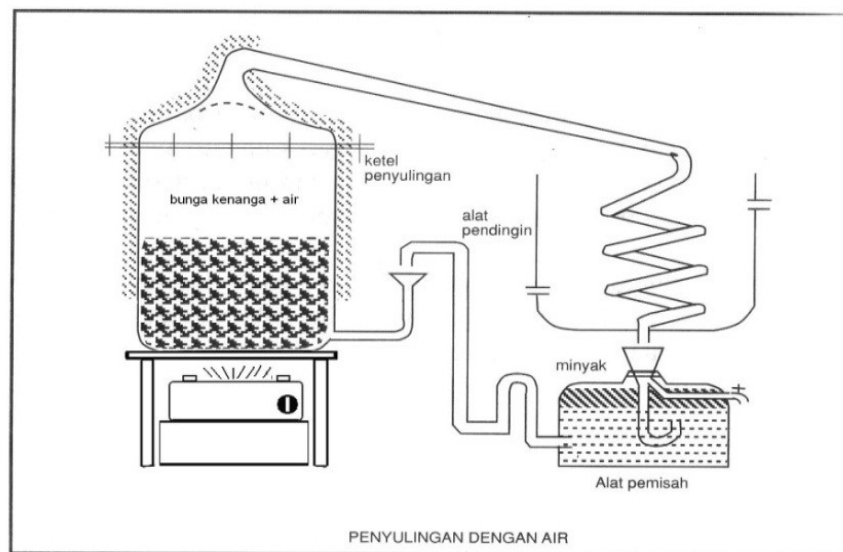
Ekstraksi merupakan suatu metode pemisahan yang dilakukan dengan menggunakan pelarut dalam fase liquid untuk mengambil suatu kandungan zat dari padatan atau liquid (Mc.Cabe.,1993). Ekstraksi biasanya digunakan untuk memisahkan

dua zat berdasarkan perbedaan kelarutan. Pemisahan terjadi atas dasar kemampuan larutan yang berbeda dari komponen-komponen tersebut.

Minyak atsiri yang dapat diekstrak dari bahan bakunya tergantung pada lama ekstraksi. Semakin lama proses ekstraksi, waktu kontak antara pelarut dengan bahan semakin lama, sehingga senyawa volatil yang terekstrak juga makin banyak, sampai pada lama ekstraksi tertentu senyawa volatil habis terekstrak. (Adiyasa *et al.*, 2013). Adapun beberapa metode yang dikenal oleh akademisi maupun industri untuk ekstraksi minyak atsiri yaitu:

### **II.3.1 *Hydrodistillation***

Hidrodistilasi merupakan metode yang umum dipakai untuk mengekstrak minyak atsiri dari suatu tanaman (Guenther, 1998). Metode hidrodistilasi masih sangat potensial untuk diaplikasi di negara-negara berkembang seperti halnya Indonesia karena metode ini cukup praktis, peralatannya sederhana, murah, serta aman dalam pengoperasiannya (Djafar *et al.*, 2010). Penyulingan (ekstraksi) minyak atsiri dengan metode hidrodistilasi dikenal sebagai metode konvensional yang didasarkan pada prinsip bahwa campuran (uap minyak dan uap air) mempunyai titik didih sedikit lebih rendah dari titik didih uap air murni, sehingga campuran uap mengandung minyak dalam jumlah yang lebih besar. Dalam proses hidrodistilasi dilakukan refluks atau *recyle* air yang terkandung dalam bahan ke dalam labu *distiller*. Proses ini dinamakan dengan kohobasi yang bertujuan untuk menghindari kehilangan minyak yang masih terikut dalam destilat air sehingga bisa didapatkan *yield* minyak yang maksimal serta membantu proses ekstraksi minyak yang berlangsung secara kontinyu. Apabila tidak dilakukan pengembalian air tersebut, maka bahan yang diekstrak akan lebih cepat terbakar. Rendemen yang diperoleh dari metode hidrodistilasi sangat ditentukan oleh beberapa faktor antara lain ukuran bahan, jumlah (rasio) bahan dan air yang digunakan, perlakuan pengadukan serta waktu proses.

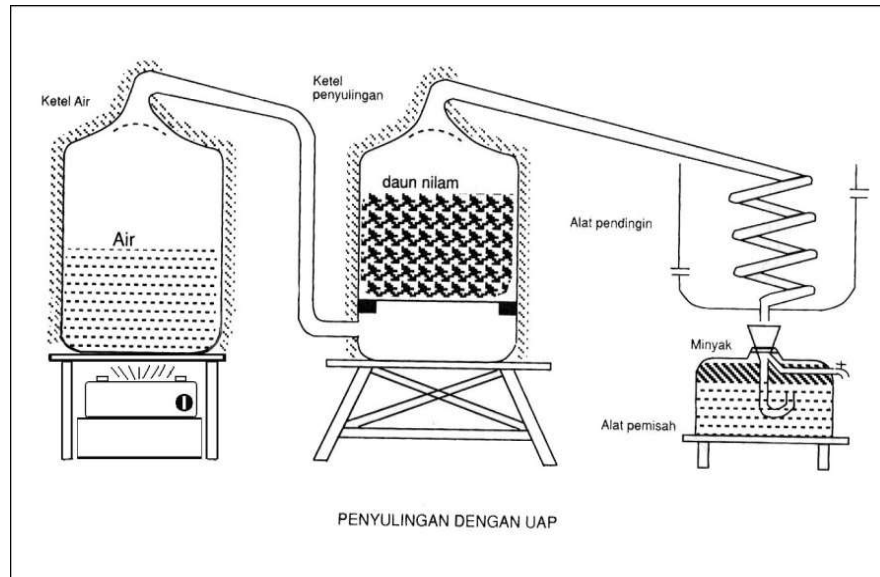


**Gambar II.2** Skema Peralatan *Hydrodistillation*

Keuntungan metode hidrodistilasi adalah metode ini dapat mengekstrak minyak dari bahan yang berbentuk bubuk (akar, kulit, kayu dan sebagainya) dan beberapa bahan yang mudah menggumpal jika disuling dengan uap seperti jenis bunga – bunga (bunga mawar dan orange blossom).

### **II.3.2 *Steam Distillation***

*Steam distillation* mempunyai prinsip yang sama dengan distilasi lainnya (*hydrodistillation*) namun yang membedakan adalah air yang tidak diisikan didalam ketel. Menurut Guenther 1987, uap yang digunakan dalam metode *steam distillation* adalah uap jenuh atau uap lewat panas pada tekanan lebih dari 1 atm. Uap tersebut dialirkan melalui pipa yang terletak di bawah bahan dan selanjutnya uap akan bergerak ke atas menuju bahan yang terletak di atas saringan. *Steam distillation* dapat menghasilkan rendemen lebih banyak dibandingkan dengan menggunakan *hydro distillation*. Namun *steam distillation* membutuhkan waktu yang lebih lama.

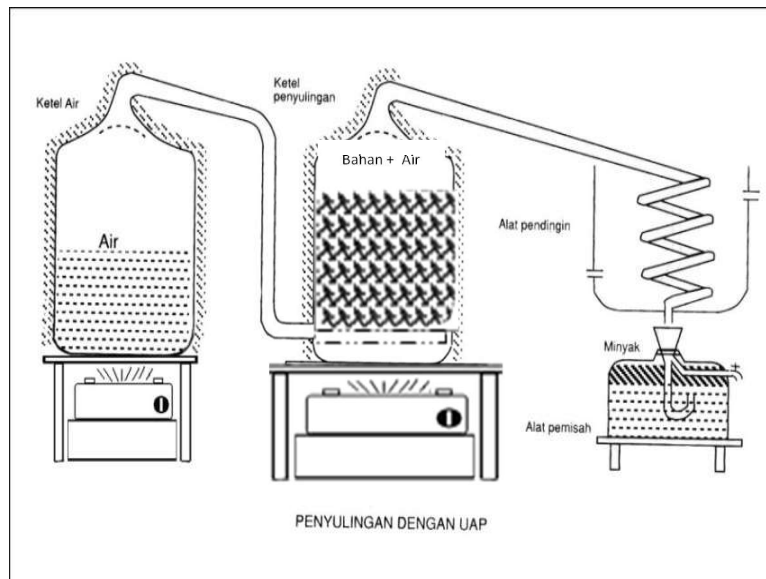


**Gambar II.3** Skema Peralatan *Steam distillation*

### II.3.3 *Steam-Hydrodistillation*

*Steam-hydrodistillation* merupakan metode gabungan dari *hydrodistillation* dengan *steam distillation* sehingga memiliki kelebihan dari kedua metode tersebut. Menurut Gunther (1987), *steam-hydrodistillation* harus memperhatikan beberapa hal agar proses berjalan sempurna. Kelemahan dari *steam-hydrodistillation* yaitu jumlah *steam* yang dibutuhkan cukup besar dan waktu penyulingannya lebih lama. Dalam proses ini sejumlah besar *steam* akan mengembun dalam tumpukan bahan, sehingga bahan bertambah basah dan menghasilkan minyak dalam waktu yang lama.

*Steam-hydrodistillation* pada umumnya menggunakan kondisi operasi pada suhu dan tekanan proses yang relatif tinggi sehingga menyebabkan tidak adanya minyak atsiri yang bercampur dalam air. Hal ini mengakibatkan jumlah minyak yang tertinggal dalam pelarut (air) kecil serta senyawa-senyawa yang terkesktrak mempunyai komponen yang lebih kompleks. Pada proses penyulingan, bahan yang akan diambil minyak atsirinya dimasak dengan air sehingga proses penguapan air dan minyak berlangsung bersamaan. Minyak yang bercampur dengan air menyebabkan dibutuhkan proses lanjutan yaitu penguapan yang memerlukan waktu tertentu.



**Gambar II.4** Skema Peralatan *Steam Hydrodistillation*

## II.4 Metode Ekstraksi dengan Gelombang Mikro (*Microwave-Assisted Extraction*)

Dewasa ini, teknologi *microwave* tidak hanya diaplikasikan pada pengolahan makanan tetapi juga sedang banyak dikaji adalah untuk isolasi minyak atsiri dari berbagai bahan tanaman. *microwave* bekerja dengan melewati radiasi gelombang mikro pada molekul air, lemak, maupun gula yang sering terdapat pada bahan makanan. Molekul-molekul ini akan menyerap energi elektromagnetik tersebut. Proses penyerapan energi ini disebut sebagai pemanasan dielektrik (*dielectric heating*). Molekul-molekul pada bahan tanaman memiliki dipol elektrik (*electric dipoles*), artinya molekul tersebut memiliki muatan negatif pada satu sisi dan muatan positif pada sisi yang lain. Akibatnya, dengan kehadiran medan elektrik yang berubah-ubah yang diinduksikan melalui gelombang mikro pada masing-masing sisi akan berputar untuk saling mensejajarkan diri satu sama lain. Pergerakan molekul ini akan menciptakan panas seiring dengan timbulnya gesekan antara molekul yang satu dengan molekul lainnya. Energi panas yang dihasilkan oleh peristiwa inilah yang berfungsi sebagai agen pemanasan bahan tanaman di dalam *microwave*.

MAE (*Microwave-Assisted Extraction*) merupakan teknik untuk mengekstraksi bahan-bahan terlarut di dalam bahan tanaman dengan bantuan energi gelombang mikro. Teknik ini dapat diterapkan baik pada fasa cair yakni cairan yang digunakan sebagai pelarut maupun fasa gas yakni gas sebagai media pengekstrak. Proses ekstraksi fasa cair

didasarkan pada prinsip perbedaan kemampuan menyerap energi *microwave* pada masing-masing senyawa yang terkandung di dalam bahan tanaman. Parameter yang biasa digunakan untuk mengukur sifat fisik ini disebut sebagai konstanta dielektrik. Teknik *Microwave-Assisted Extraction* juga tergantung pada konstanta dielektrik dari pelarut yang digunakan. Teknologi tersebut cocok bagi pengambilan senyawa yang bersifat *thermolabil* karena memiliki kontrol terhadap temperatur yang lebih baik dibandingkan proses pemanasan konvensional. Selain kontrol suhu yang lebih baik, metode *Microwave-Assisted Extraction* juga memiliki beberapa kelebihan lain khususnya dalam ekstraksi minyak atsiri. Kelebihan tersebut antara lain waktu ekstraksi yang lebih singkat, konsumsi energi dan *solvent* yang lebih sedikit, *yield* yang lebih tinggi, serta adanya proses pengadukan sehingga meningkatkan fenomena transfer massa (Kurniasari *et al.*, 2008).

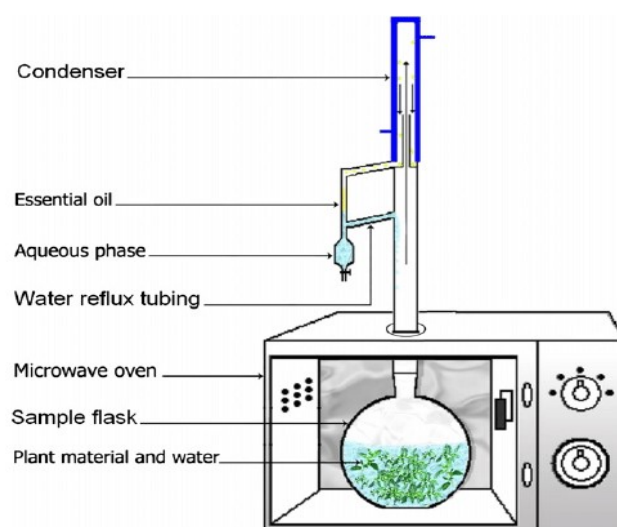
Pemanasan dengan menggunakan *microwave* berbeda dengan pemanasan secara konvensional. Dimana pada pemanasan secara konvensional terdapat fenomena konveksi dan konduksi yang biasanya sebagian besar panas hilang ke lingkungan. Sedangkan dalam proses metode *Microwave Assisted Extraction*, proses pemanasan terjadi dengan target yang spesifik dan cara yang spesifik sehingga tidak ada panas yang hilang ke lingkungan dikarenakan proses pemanasan yang terjadi di sistem yang tertutup. Mekanisme pemanasan yang signifikan dapat memangkas waktu yang dibutuhkan untuk proses ekstraksi, terutama apabila dibandingkan dengan ekstraksi menggunakan metode konvensional.

#### **II.4.1 *Microwave hydrodistillation* (MHD)**

*Microwave hydrodistillation* merupakan metode hidrodistilasi yang lebih maju dimana menggunakan *microwave* untuk proses ekstraksinya (Wang *et al.*, 2010). Teknik ekstraksi yang digunakan dalam metode ini lebih cepat dan efektif apabila dibandingkan dengan teknik ekstraksi konvensional (hidrodistilasi) yang sudah diaplikasikan untuk mengekstrak komponen bioaktif dari matriks yang berbeda. Dibandingkan dengan teknik ekstraksi modern lainnya seperti *supercritical fluid extraction* dan *pressurized liquid extraction*, *microwave hydrodistillation* memiliki keunggulan yaitu pengoperasiannya lebih mudah dan biaya operasi yang lebih murah (Mollasalehi *et al.*, 2013).

Hal ini didukung oleh penelitian yang telah dilakukan oleh Kusuma dan Mahfud (2015) yang telah mengekstraksi minyak nilam menggunakan dua metode yaitu metode *hydrodistillation* dan metode *microwave hydrodistillation*. Berdasarkan penelitian tersebut dapat diketahui bahwa ekstraksi dengan menggunakan metode *hydrodistillation* diperoleh *yield* sebesar 2,61% dengan waktu 360 menit sedangkan untuk metode *microwave hydrodistillation* diperoleh *yield* sebesar 2,72% dengan waktu 120 menit. Berdasarkan analisa menggunakan GC-MS dapat diketahui bahwa terdapat 19 komponen yang terdeteksi pada ekstraksi dengan metode *microwave-assisted hydrodistillation*. Sedangkan pada ekstraksi menggunakan metode *hydrodistillation* terdapat 14 komponen yang terdeteksi. Komponen tertinggi diantara komponen – komponen yang terdeteksi yaitu *Patchoulol* sebesar 27,78% untuk metode *hydrodistillation* dan 26,32% untuk metode *microwave hydrodistillation*.

Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa metode *microwave-assisted hydrodistillation* lebih efektif dan efisien untuk ekstraksi minyak daun nilam apabila dibandingkan dengan metode *hydrodistillation*. Dimana *yield* yang diperoleh dengan metode *microwave hydrodistillation* lebih banyak dan waktu ekstraksi yang dibutuhkan lebih singkat apabila dibandingkan dengan metode *hydrodistillation*. Selain itu berdasarkan analisa menggunakan GC-MS dapat diketahui bahwa presentasi *Patchoulol* yang diperoleh dari kedua metode tidak berbeda jauh. Sehingga dapat dikatakan bahwa metode *microwave hydrodistillation* tidak mempengaruhi kualitas minyak daun nilam.



**Gambar II.5** Skema peralatan *Microwave Hydrodistillation*

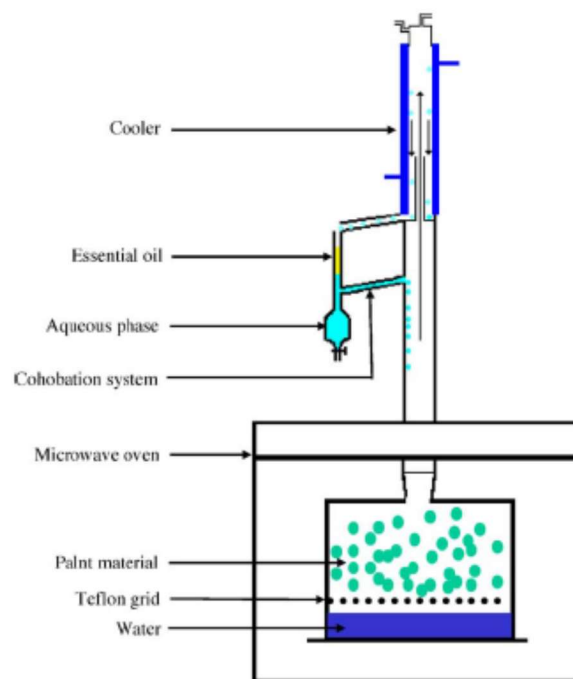
#### II.4.2 *Microwave Accelerated Steam Distillation*

*Microwave Accelerated Steam Distillation* merupakan metode gabungan antara metode *microwave Assisted Extraction* dengan metode *steam distillation*. Uap air yang dihasilkan dari microwave yang tidak teradiasi digunakan untuk mempercepat desorpsi bahan dan pelarut organik non polar yang digunakan untuk menjaga kontak langsung antara sampel dengan air. (Ji *et al.*, 2006)

Dari penelitian yang dilakukan chemat *et al.* (2006) tentang minyak dari lavender dengan dengan membandingkan dua metode yaitu *Microwave Accelerated Steam Distillation* dan metode *Steam Distillation* didapatkan *yield* yang hampir sama. Metode *Microwave Accelerated Steam Distillation* didapatkan *yield* sebesar 8,86% dengan waktu total ekstraksi selama 10 menit, sedangkan metode *Steam Distillation* didapatkan *yield* sebesar 8,75% dengan waktu total ekstraksi selama 90 menit. Dari analisa GC-MS minyak lavender dikedua metode yang berbeda didapatkan komponen terbanyak yang terkandung dalam minyak lavender yaitu *Linalool* dengan presentase 47,82% pada metode *Microwave Accelerated Steam Distillation* dan 46,85% pada metode *Steam Distillation*.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa metode *Microwave Steam Distillation* merupakan metode yang lebih efektif dan efisien apabila dibandingkan dengan metode *steam distillation*. Dimana *yield* yang diperoleh dengan metode *Microwave Steam Distillation* lebih banyak dan waktu ekstraksi yang dibutuhkan lebih singkat apabila dibandingkan dengan metode *steam distillation*. Sedangkan berdasarkan analisa GC-MS dapat diketahui bahwa ekstraksi dengan menggunakan metode *Microwave Steam Distillation* tidak mempengaruhi kualitas dari minyak lavender yang terekstrak.





**Gambar II.6** Skema Peralatan *Microwave Accelerated Steam Distillation*

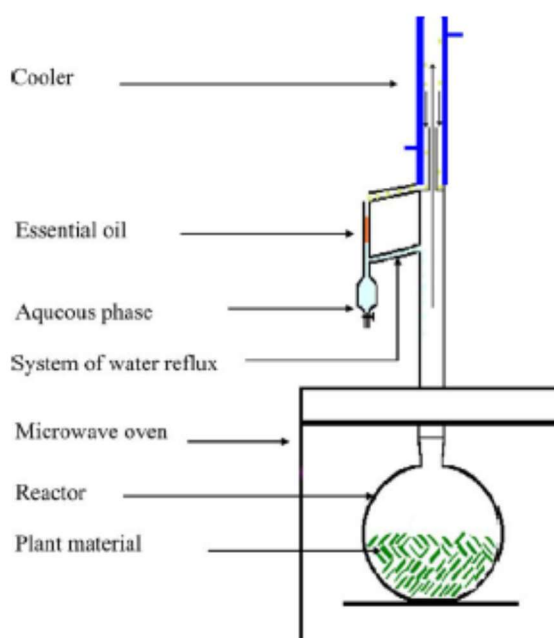
#### II.4.3 *Solvent-Free Microwave Extraction (SFME)*

Metode SFME menggunakan prinsip kerja yang sama dengan metode MAE. Perbedaannya adalah pada metode SFME bahan baku yang akan diekstraksi dimasukkan ke dalam labu distilasi tanpa penambahan air atau pelarut apapun. Selain itu teknik dalam SFME didasarkan pada pemanasan menggunakan *microwave* serta distilasi dilakukan dalam tekanan atmosfer. Minyak atsiri yang diperoleh dengan menggunakan metode ini berasal dari penguapan air *in-situ* yang terkandung dalam bahan.

Dari penelitian yang dilakukan Moradalizadeh *et al.* (2013) tentang minyak dari aerial parts of *Haplophyllum robustum* Bge dengan membandingkan tiga metode yaitu *hydrodistillasi*, *microwave hydrodistillasi* dan *solvent free microwave extraction* didapatkan *yield* yang berbeda. Metode *hydrodistillasi* didapatkan *yield* sebesar 0,5% dengan waktu ekstraksi selama 3 jam. Metode *microwave hydrodistillasi* didapatkan *yield* sebesar 0,54% dengan waktu ekstraksi selama 30 menit. Sedangkan metode *solvent free microwave extraction* didapatkan *yield* sebesar 0,63% dengan waktu ekstraksi selama 15 menit. Dari analisa GC-MS minyak aerial parts of *Haplophyllum*

*robustum* Bge dengan tiga metode yang berbeda dapat diketahui kandungan *terpinene-4-ol* yang merupakan komponen *oxygenated monoterpene* adalah : 6,1% untuk metode *solvent free microwave extraction*, 6,2% untuk metode *microwave hydrodistillation* dan 5,8% untuk metode *hydrodistillation*. Dimana komponen *oxygenated monoterpene* merupakan salah satu golongan komponen yang menentukan aroma pada minyak atsiri. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa ekstraksi dengan metode *solvent free microwave extraction* dan *microwave hydrodistillation* mempunyai aroma yang lebih baik dibandingkan dengan metode *hydrodistillation*.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa metode *solvent free microwave extraction* merupakan metode yang lebih efektif dan efisien apabila dibandingkan dengan metode *hydrodistillation* dan metode *microwave hydrodistillation*. Dimana *yield* yang diperoleh dengan metode *solvent free microwave extraction* lebih banyak dan waktu ekstraksi yang dibutuhkan lebih singkat apabila dibandingkan dengan metode *hydrodistillation* dan metode *microwave hydrodistillation*. Selain itu berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tersebut juga dapat diketahui bahwa metode *solvent free microwave extraction* tidak mempengaruhi kualitas (aroma) dari minyak atsiri yang dihasilkan.



**Gambar II.7** Skema Peralatan *Solvent-Free Microwave Extraction*

## II.5 Parameter Minyak Atsiri

### II.5.1 Berat Jenis

Berat jenis merupakan salah satu kriteria penting dalam menentukan mutu dan kemurnian minyak atsiri. Nilai berat jenis minyak atsiri didefinisikan sebagai perbandingan antara berat minyak dengan berat air pada volume air yang sama dengan volume minyak. Berat jenis sering dihubungkan dengan fraksi berat komponen-komponen yang terkandung didalamnya. Semakin besar fraksi berat yang terkandung dalam minyak, maka semakin besar pula nilai densitasnya (Sastrohamidjojo, 2004).

### II.5.2 Kelarutan

Kelarutan dalam alkohol merupakan nilai perbandingan banyaknya minyak atsiri yang larut sempurna dengan pelarut alkohol. Setiap minyak atsiri mempunyai nilai kelarutan dalam alkohol yang spesifik, sehingga sifat ini bisa digunakan untuk menentukan suatu kemurnian minyak atsiri. Minyak atsiri adalah minyak ini mudah larut dalam etanol absolut, eter, eter minyak tanah, dan kloroform dalam minyak lemak. Sebaliknya sangat sedikit larut dalam air. Dalam etanol encer, kelarutan komponen yang mengandung oksigen (asam karboksilat, alkohol, keton, aldehida) lebih besar daripada hidrokarbon terpen. Dengan adanya pengaruh cahaya, udara, dan panas sangat mudah terjadi perubahan, khususnya terjadi peristiwa polimerisasi (Voight, 1995).

## II.6 Penelitian Terdahulu

Bahan yang di Ekstrak	Kondisi Operasi yang digunakan	Senyawa bioaktif yang terekstrak dan <i>yield</i> yang diperoleh	Referensi
Mango ( <i>Mangifera Indica</i> L.) Flowers	MHD : t = 75 menit P <sub>w</sub> = 800 W m = 200 gr  HD: t = 4jam m = 500 g	<i>Yield</i> = 0,16% <i>Terpinolen</i> = 43,17%  <i>Yield</i> = 0,11% <i>Terpinolen</i> = 50,16%	Wang et al., 2010
Orange ( <i>Citrus sinensis</i> L.	MSD : t min = 6 menit	<i>Yield</i> = 5.43±0.03% <i>Limonene</i> = 96,20%	Sahraoui et al., 2011

Osbeck)	<p>Pw = 700 W m = 100 g</p> <p>SD : t min = 120 menit</p>	<p><i>Yield</i> = 5.45±0.04 <i>Limonene</i> = 95,6%</p>	
Aerial parts of <i>Haplophyllum robustum</i> Bge	<p>HD : t = 3 jam m = 100 g</p> <p>MHD : t = 30 menit Pw = 600 W s = air F/S = 0,2 g/ml</p> <p>SFME : t = 15 menit Pw = 600 W m = 50 g</p>	<p><i>Yield</i> = 0,5% <i>Terpinene-4-ol</i> = 5,8%</p> <p><i>Yield</i> = 0,54% <i>Terpinene-4-ol</i> = 6,2%</p> <p><i>Yield</i> = 0,63% <i>Terpinene-4-ol</i> = 6,1%</p>	Moradalizadeh <i>et al.</i> , 2013
Daun Cengkeh ( <i>Syzygium aromaticum</i> )	<p>SD : t = 8 jam m = 125 g</p> <p>MSHD : t = 150 menit s = air m = 125 g</p>	<p>Daun utuh : <i>Yield</i> = 1,3173% <i>Eugenol</i> = 70,25%</p> <p>Daun Cacah : <i>Yield</i> = 1,6587% <i>Eugenol</i> = 73,78%</p> <p>Daun utuh : <i>Yield</i> = 3,049% <i>Eugenol</i> = 70,71%</p> <p>Daun Cacah : <i>Yield</i> = 3,4383% <i>Eugenol</i> = 79,21%</p>	Habibi <i>et al.</i> , 2013

Gaharu ( <i>aquilaria malaccensis</i> )	Soxhlet : t = 16 jam s = n - hexane F/S = 0,3  <i>Hydrodistillation</i> t = 72 jam s = n - hexane F/S = 0,1 g/ml  ASE : t = 90 menit s = air	<i>Yield</i> = 1,67% 3-Phenyl-2-butanone = 0,25% Alpha-guaiene = 2,83% Alpha-agarofuran = 0,22% 10-epi-gamma-eudesmol = 0,72 agarospirol = 5,49%  <i>Yield</i> = 0,18% Alpha-agarofuran = 0,27% 10-epi-gamma-eudesmol = 2,03 agarospirol = 2,78%  <i>Yield</i> = 2,12% 3-Phenyl-2-butanone = 1,59% Alpha-guaiene = 2,64% Alpha-agarofuran = 0,97% 10-epi-gamma-eudesmol = 10,20 agarospirol = 6,20%	Sulaiman <i>et al.</i> , 2015
Wet citrus peel waste	HD : t = 240 menit s = air F/S = 0,1 g/ml  MHD : t = 45 menit F/S Pw = 800 W s = air	<i>Yield</i> = 1,7 <i>D-Limonene</i> = 96.75 %  <i>Yield</i> = 1,82 % <i>D-Limonene</i> = 97.38%	Bustamante <i>et al.</i> , 2016

ASE, *Accelerated solvent extraction*; SFME, *solvent-free microwave extraction*; SD, *steam distillation*; HD, *hydrodistillation*; MHD, *microwave hydrodistillation*; MSHD, *microwave steam-hydrodistillation*; Pw = daya microwave; t = waktu; F/S = feed to solvent; s = pelarut

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **III.1 Garis Besar Penelitian**

Pada ekstraksi minyak atsiri ini digunakan bahan gaharu (*Aquilaria Malaccensis*). Metode ekstraksi yang digunakan pada penelitian ini adalah *Microwave Hydrodistillation* (MHD) dan *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME). Dimana kondisi operasi yang digunakan untuk kedua metode tersebut adalah tekanan atmosferik.

#### **III.2 Bahan dan Alat**

##### **III.2.1 Bahan untuk Distilasi**

1. Gaharu  
Gaharu yang digunakan dalam penelitian ini dalam bentuk serbuk yang diperoleh dari Merauke dan cacah yang diperoleh dari Pasuruan.
2. Akuades  
Akuades dalam penelitian ini digunakan sebagai *solvent* untuk metode *Microwave hydrodistillation* (MHD). Sedangkan air yang digunakan pada kondensor untuk proses pendinginan adalah air PDAM.
3. N-Heksane  
N-Heksane dalam penelitian ini digunakan untuk mengikat minyak yang dihasilkan pada saat proses ekstraksi.

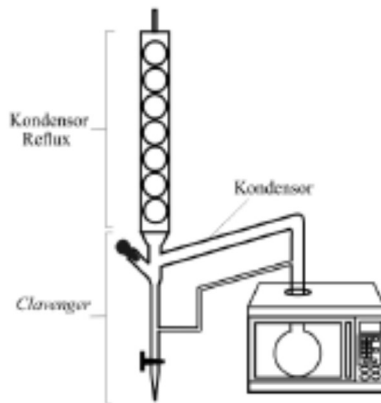
##### **III.2.2 Deskripsi Peralatan Penelitian**

###### **III.2.2.1 Peralatan untuk Metode *Microwave Hydrodistillation* (MHD)**

Skema peralatan untuk metode *microwave hydrodistillation* dapat dilihat pada Gambar III.1. Peralatan utama terdiri dari *microwave* dan *distiller* yang terbuat dari labu alas bulat leher tiga Pyrex yang dilengkapi konektor *three way*, kondensor *liebig*,

*adaptor*, corong pemisah. Spesifikasi peralatan utama adalah sebagai berikut:

- *Distiller* yang digunakan terbuat dari labu alas bulat leher tiga Pyrex dengan ukuran 1 liter
- *Microwave* yang digunakan Electrolux model EMM-2007X dengan spesifikasi sebagai berikut:
- Daya maksimum : 800 W
- Tegangan 220 V, Daya 1250 W
- Frekuensi Magnetron 2450 MHz (2,45 GHz)
- Dimensi *Microwave*: Panjang = 46,1 cm, Lebar = 28,0 cm, dan Tinggi = 37,3 cm
- *Flowmeter* yang digunakan memiliki rentang antara 0,1 L/min sampai 10 L/min
- *Air compressor* yang digunakan Melzer model V-777 dengan spesifikasi sebagai berikut:
- *Electric motor* : 1/5HP      220 V – 240 V  
50/60Hz
- *Max. Pressure* : 42.5 psi
- *Total weight* : 12.5 lbs

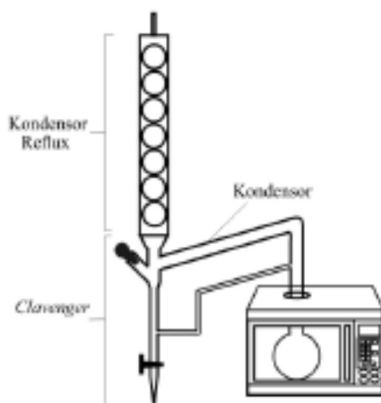


**Gambar III.1.** Skema alat untuk ekstraksi minyak gaharu dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation*

### III.2.2.2 Peralatan untuk Metode *solvent-free microwave extraction*

Skema peralatan untuk metode *solvent-free microwave extraction* dapat dilihat pada Gambar III.2. Peralatan utama terdiri dari *microwave* dan *distiller* yang terbuat dari labu alas bulat leher dua Pyrex yang dilengkapi konektor *three way*, kondensor *liebig*, *adaptor*, dan corong pemisah. Spesifikasi peralatan utama adalah sebagai berikut:

- *Distiller* yang digunakan terbuat dari labu alas bulat leher dua Pyrex dengan ukuran 1 liter
- *Microwave* yang digunakan Electrolux model EMM-2007X dengan spesifikasi sebagai berikut:
- Daya maksimum : 800 W
- Tegangan 220 V, Daya 1250 W
- Frekuensi Magnetron 2450 MHz (2,45 GHz)
- Dimensi *Microwave*: Panjang = 46,1 cm, Lebar = 28,0 cm, dan Tinggi = 37,3 cm



**Gambar III.2.** Skema alat untuk ekstraksi gaharu dengan menggunakan metode *solvent-free microwave extraction*



### III.3 Prosedur Penelitian

#### III.3.1 Metode *Microwave Hydrodistillation*

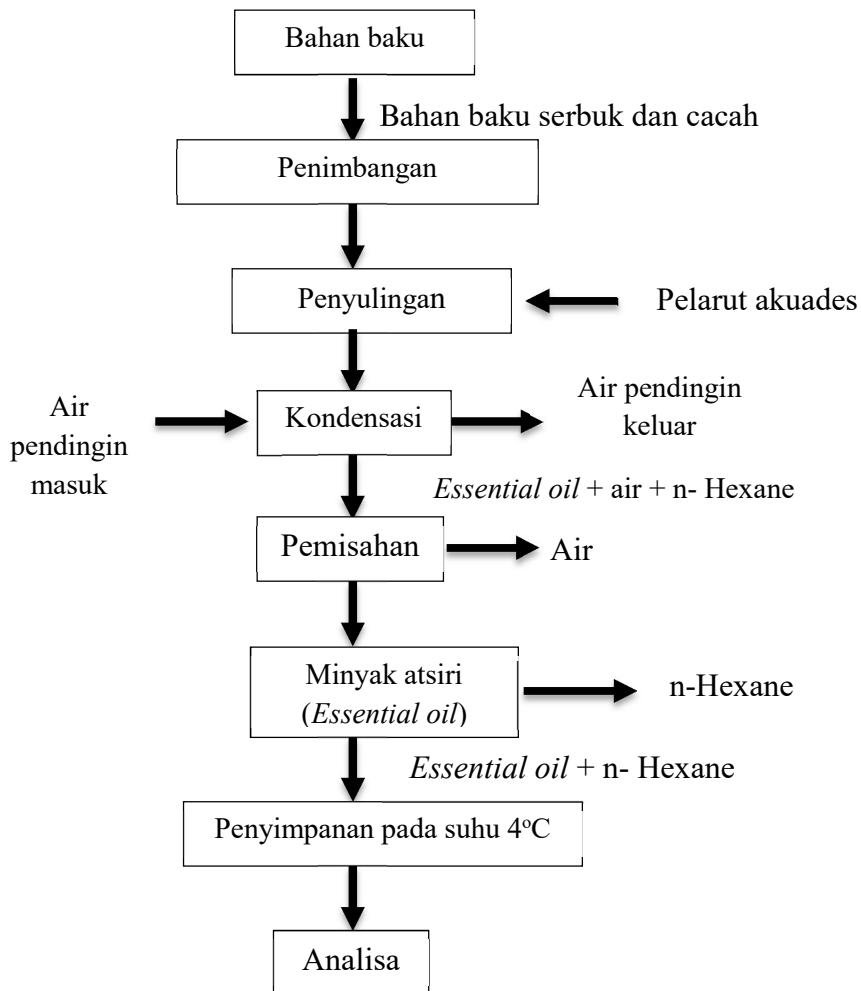
1. Menimbang bahan baku sesuai dengan rasio bahan baku terhadap *solvent* yang telah ditentukan
2. Melakukan instalasi alat ekstraksi (Gambar III.1)
3. Memasukkan bahan baku yang telah ditimbang pada *distiller* dan menambahkan pelarut (akuades) sebanyak 50 mL
4. Mengalirkan air pada sistem pendingin (kondensor *liebig*)
5. Menyalakan *microwave* agar *distiller* yang telah terisi bahan baku dan pelarut mendapatkan paparan radiasi *microwave* sesuai kondisi operasi dan variabel penelitian
6. Menunggu sampai tetes pertama keluar dari *adaptor*
7. Menghitung waktu ekstraksi mulai tetes pertama keluar dari *adaptor*
8. Menghentikan proses ekstraksi setelah 2 jam, selama 12 jam
9. Memisahkan minyak + n-hexane dari air dengan menggunakan corong pemisah
10. Memisahkan minyak dan n-hexane dengan pemanasan pada hot plate
11. Menimbang minyak atsiri yang diperoleh dengan menggunakan neraca analitik
12. Menyimpan minyak atsiri dalam botol vial pada temperatur 4°C
13. Melakukan analisa terhadap minyak atsiri yang dihasilkan

#### III.3.2 Metode *Solvent-Free Microwave Extraction (SFME)*

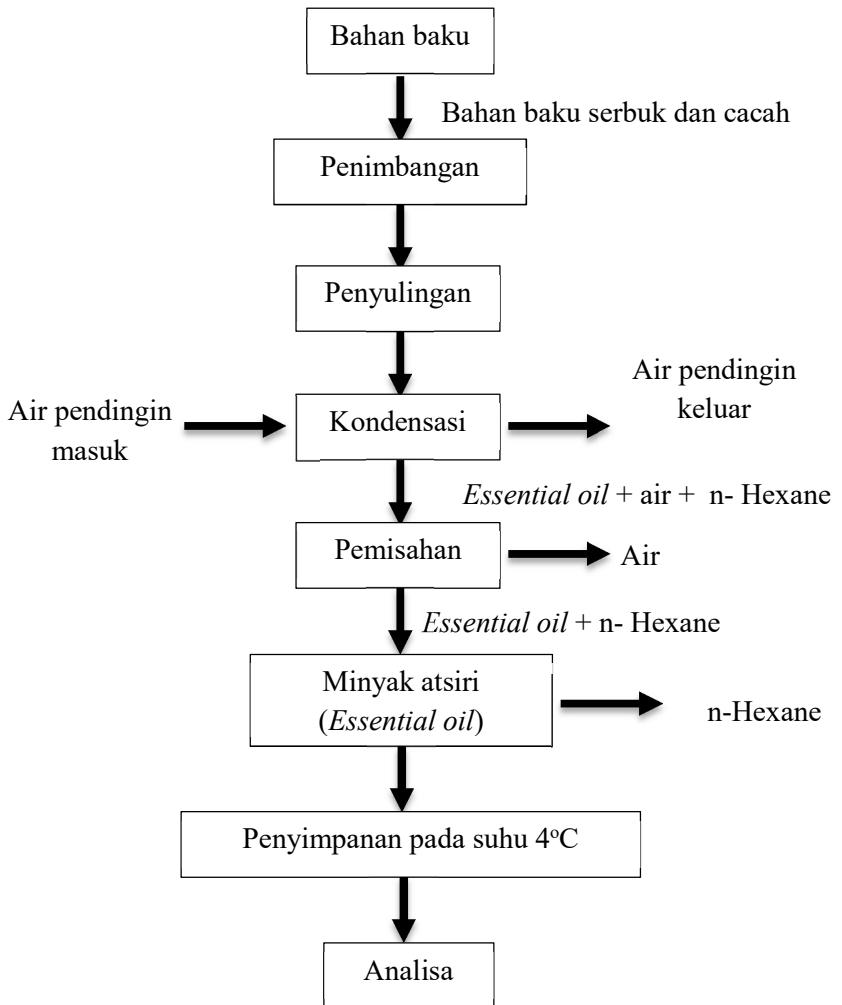
1. Menimbang bahan baku sesuai dengan rasio bahan baku terhadap *distiller* yang telah ditentukan
2. Melakukan instalasi alat ekstraksi (Gambar III.2)
3. Memasukkan bahan baku yang telah ditimbang pada *distiller*
4. Mengalirkan air pada sistem pendingin (kondensor *liebig*)

5. Menyalakan *microwave* agar *distiller* yang telah terisi bahan baku mendapatkan paparan radiasi *microwave* sesuai kondisi operasi dan variabel penelitian
6. Menunggu sampai tetes pertama keluar dari *adaptor*
7. Menghitung waktu ekstraksi mulai tetes pertama keluar dari *adaptor*
8. Menghentikan proses ekstraksi setelah 1 jam selama 6 jam
9. Memisahkan minyak + n-hexane dari air dengan menggunakan corong pemisah
10. Memisahkan minyak dan n-hexane dengan pemanasan pada hot plate
11. Menimbang minyak atsiri yang diperoleh dengan menggunakan neraca analitik
12. Menyimpan minyak atsiri dalam botol vial pada temperatur 4°C
13. Melakukan analisa terhadap minyak atsiri yang dihasilkan

#### **III.4 Diagram Alir Penelitian**



**Gambar III.3.** Diagram alir penelitian untuk ekstraksi minyak gaharu dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* (MHD)



**Gambar III.4.** Diagram alir penelitian untuk ekstraksi minyak gaharu dengan menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* (SFME)

### III.5 Kondisi Operasi dan Variabel Penelitian

#### III.5.1 Kondisi Operasi

Kondisi operasi yang digunakan untuk metode *microwave hydrodistillation* (MHD) adalah sebagai berikut:

- Tekanan atmosferik
- Bahan baku yang digunakan berbentuk serbuk dan cacah
- Volume pelarut 50 mL

Kondisi operasi yang digunakan untuk metode *solvent-free microwave extraction* (SFME) adalah sebagai berikut:

- Tekanan atmosferik
- Bahan baku yang digunakan berbentuk serbuk dan cacah

#### III.5.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Metode ekstraksi: *microwave hydrodistillation* (MHD) dan *solvent-free microwave extraction* (SFME).
- Daya *microwave*: 300 W, 450 W, dan 600 W.
- rasio *feed to solvent*: Cacah (0,30; 0,40; 0,50; dan 0,60 g mL<sup>-1</sup>), Serbuk (0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 g mL<sup>-1</sup>)
- rasio *feed to distiller*: Cacah (0,015; 0,02; 0,025; 0,03 g mL<sup>-1</sup>), Serbuk (0,01; 0,015; 0,02; 0,025; 0,03 g mL<sup>-1</sup>).
- Waktu ekstraksi untuk *microwave hydrodistillation* 12 jam
- Waktu ekstraksi untuk *solvent-free microwave extraction* 6 jam

- g. Pengamatan dilakukan setiap 2 jam untuk metode *microwave hydrodistillation* dan 1 jam untuk metode *solvent-free microwave extraction*.

### III.6 Besaran Penelitian yang Diukur

1. Pengukuran *yield* minyak gaharu dengan persamaan:

$$Yield = \frac{massa\ minyak}{massa\ bahan\ (1 - x)} \times 100$$

Dimana: x = kadar air (%)

2. Minyak gaharu dianalisa komposisinya dengan menggunakan GC-MS.
3. Kayu gaharu dianalisa morfologi permukaannya (sebelum dan sesudah diekstraksi) dengan menggunakan SEM.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### IV.1 Proses Ekstraksi Minyak Atsiri dari Gaharu

Penelitian ekstraksi minyak atsiri dari gaharu dilakukan dengan metode *Microwave Hydrodistillation* (MHD) dan *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME). Metode MHD adalah metode ekstraksi menggunakan pelarut dengan memanfaatkan gelombang mikro (*microwave*) sebagai pemanas. Sedangkan metode SFME adalah metode ekstraksi tanpa menggunakan pelarut dengan memanfaatkan gelombang mikro (*microwave*) sebagai pemanas. Dalam metode ini, dilakukan refluks atau *recycle* air yang terkandung dalam bahan ke dalam labu *distiller* menggunakan *clevenger*. Hal ini disebabkan karena apabila tidak ditambahkan atau dilakukan pengembalian air tersebut, maka bahan yang diekstrak akan lebih cepat terbakar. *Recycle* ini juga bertujuan untuk menghindari kehilangan minyak yang masih terikut dalam destilat air sehingga bisa didapatkan *yield* minyak yang maksimal serta membantu proses ekstraksi minyak berlangsung secara kontinyu. Bahan gaharu yang digunakan dalam penelitian ini berupa serbuk yang diperoleh dari Merauke dan cacah yang diperoleh dari pasuruan, dengan beberapa variabel seperti rasio *feed to distiller* untuk bahan serbuk (0,01; 0,015; 0,02; 0,025 dan 0,03 g mL<sup>-1</sup>), cacah (0,015; 0,02; 0,025; 0,03 g mL<sup>-1</sup>), rasio *feed to solvent* untuk bahan serbuk (0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 g mL<sup>-1</sup>), cacah (0,3; 0,4; 0,5; 0,6 g mL<sup>-1</sup>), serta daya *microwave* (300, 450, dan 600 W). Proses ekstraksi dengan metode MHD dilakukan selama 12 jam dan untuk SFME selama 6 jam. Perhitungan waktu ekstraksi untuk metode SFME dan MHD dimulai saat kondensat pertama kali menetes di corong pemisah yang berada di ujung kondensor *liebig*.

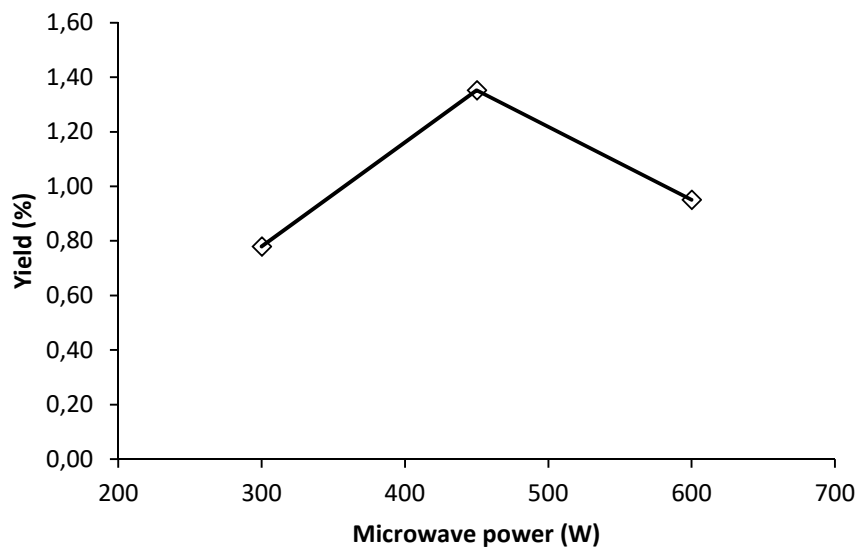
Pada penelitian ini dipelajari beberapa parameter yang berpengaruh pada ekstraksi minyak gaharu dengan metode MHD dan SFME. Dimana parameter yang berpengaruh terhadap *yield* dan kualitas minyak atsiri yang diperoleh dengan menggunakan metode tersebut meliputi lama waktu ekstraksi, daya *microwave*, rasio antara bahan baku yang akan diekstraksi terhadap pelarut (*feed to solvent*), dan rasio antara bahan baku yang akan diekstraksi terhadap volume *distiller* (*feed to distiller*).

## IV.2 Parameter yang Berpengaruh pada Ekstraksi Minyak Gaharu dengan Metode *Microwave Hydrodistillation* (MHD) dan *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME)

### IV.2.1 Pengaruh Daya Microwave terhadap *Yield* Minyak Gaharu

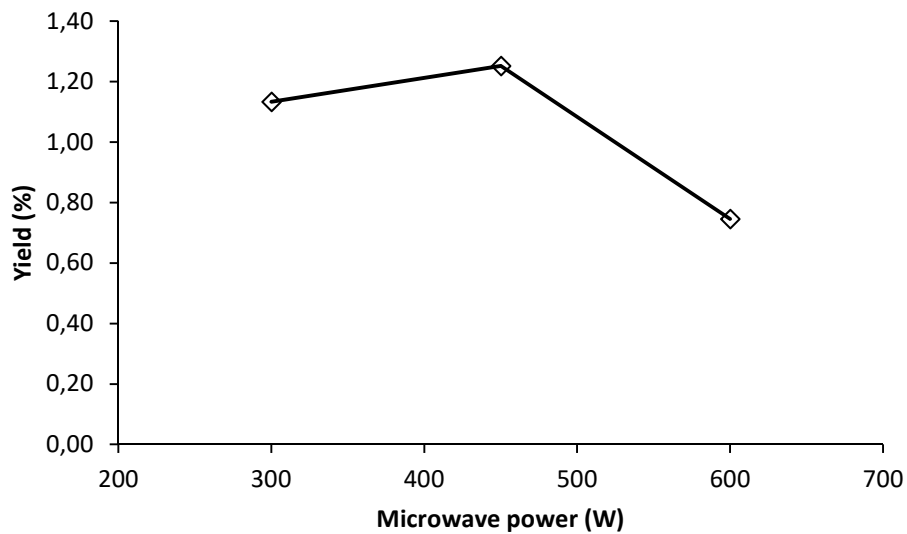
Daya adalah banyaknya energi yang dihantarkan per satuan waktu (Joule/sekon). Daya dalam proses ekstraksi memiliki pengaruh terhadap *yield* minyak gaharu yang dihasilkan. Telah diketahui bahwa daya dalam ekstraksi menggunakan *microwave* akan mengontrol besarnya energi yang akan diterima oleh bahan tanaman untuk diubah menjadi energi panas. Energi panas inilah yang membantu proses keluarnya minyak atsiri dari bahan tanaman atau *sample*.

Daya *microwave* yang digunakan dalam proses ekstraksi dengan metode MHD dan SFME sangat terkait dengan temperatur proses, dimana semakin besar daya yang digunakan maka temperatur sistem pada proses ekstraksi akan semakin cepat mencapai titik didih dari pelarut yang digunakan. Dengan semakin cepatnya mencapai titik didih dari pelarut inilah yang akhirnya menyebabkan meningkatnya perolehan *yield* minyak atsiri hingga mencapai kondisi *insignificant*. Selain itu pada ekstraksi dengan metode MHD dan SFME, daya *microwave* juga berperan sebagai *driving force* untuk memecah struktur membran sel tanaman sehingga minyak dapat terdifusi keluar dan larut dalam pelarut. Sehingga penambahan daya *microwave* secara umum akan meningkatkan *yield* dan mempercepat waktu ekstraksi (Liang *et al.*, 2008)



(a)

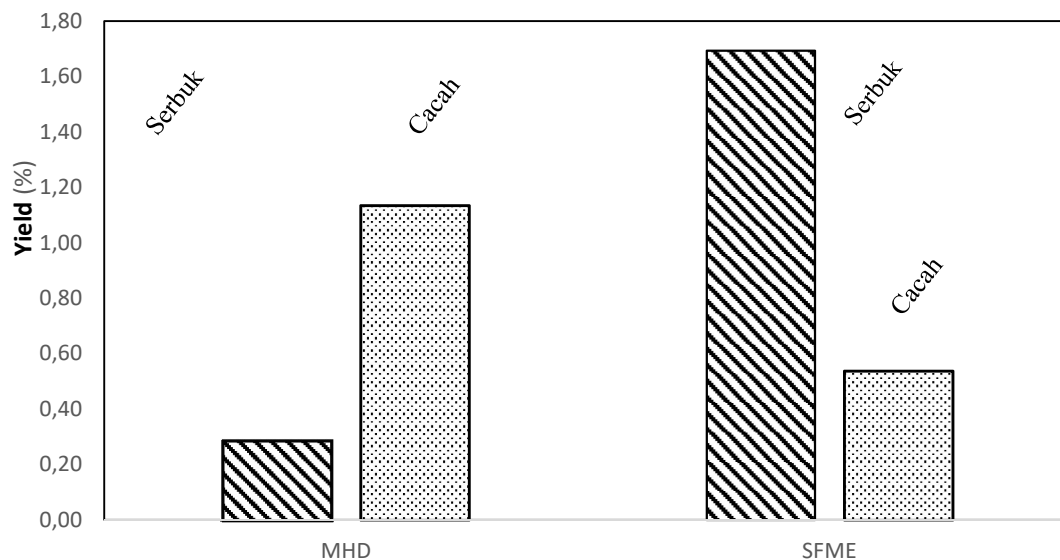




(b)

**Gambar IV.1** Pengaruh daya *microwave* terhadap *yield* minyak gaharu yang diperoleh dengan metode MHD (a) bahan baku serbuk, rasio *feed to solvent* 0.3 g/mL (b) bahan baku cacah, rasio *feed to solvent* 0.4 g/mL

Pada penelitian ini secara umum dapat dilihat bahwa daya *microwave* yang paling baik untuk menghasilkan *yield* minyak gaharu yang optimum adalah 450 W. Grafik pengaruh daya *microwave* terhadap *yield* minyak yang dihasilkan untuk kedua jenis bahan gaharu ini dapat dilihat pada Gambar IV.1. Sedangkan untuk perbandingan *yield* minyak gaharu yang diperoleh dengan metode MHD dan SFME dapat dilihat pada Gambar IV.2.



**Gambar IV.2** Perbandingan *yield* minyak gaharu yang diperoleh dengan metode MHD dan SFME daya *microwave* 300 W (bahan baku serbuk, rasio *feed to distiller* 0.01 g/mL, rasio *feed to solvent* 0.2 g/mL, dan bahan baku cacah, rasio *feed to distiller* 0.02 g/mL, rasio *feed to solvent* 0.4 g/mL)

Dari Gambar IV.1 pada ekstraksi minyak gaharu dengan metode MHD diperoleh *yield* optimum untuk bahan serbuk sebesar 1.3521% dan cacah sebesar 1.2519% pada daya *microwave* 450 W. Selain itu pada Gambar IV.1 dapat dilihat bahwa daya *microwave* 300 W menghasilkan *yield* yang lebih kecil apabila dibandingkan dengan daya *microwave* 450 W. Hal ini dikarenakan daya *microwave* memberikan suhu yang terlalu kecil untuk dapat menyebabkan rusaknya kelenjar minyak sehingga *yield* yang diperoleh menjadi kurang maksimal. Sedangkan pada daya *microwave* 600 W menghasilkan *yield* yang kecil juga, hal ini disebabkan daya *microwave* memberikan suhu terlalu besar sehingga laju penguapan semakin cepat. Inilah yang mungkin dapat menyebabkan terjadinya degradasi terhadap bahan yang justru bisa menurunkan perolehan *yield* serta bisa merusak susunan minyak atsiri yang ingin diambil. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Chen et al (2015) bahwa pemakaian daya *microwave* sebesar 600 W menyebabkan *yield* yang diperoleh menjadi lebih kecil. Hal ini dikarenakan apabila daya yang diberikan terlalu besar maka laju penguapan semakin cepat. Inilah yang mungkin dapat menyebabkan terjadinya degradasi terhadap komponen minyak atsiri.

Berdasarkan Gambar IV.2 dapat dilihat bahwa minyak gaharu yang diperoleh dengan metode SFME mencapai titik tertinggi pada bahan serbuk. Hal ini dapat disebabkan karena semakin kecil ukuran dari bahan yang diekstrak menyebabkan luas permukaan bahan semakin besar, kontak antara daya microwave dengan bahan gaharu semakin luas sehingga menyebabkan penetrasi dari gelombang mikro (*microwave*) menjadi lebih efektif. Dimana semakin efektifnya penetrasi dari gelombang mikro (*microwave*) pada bahan yang berukuran semakin kecil inilah yang kemudian menyebabkan efisiensi ekstraksi menjadi meningkat (Huie, 2002)

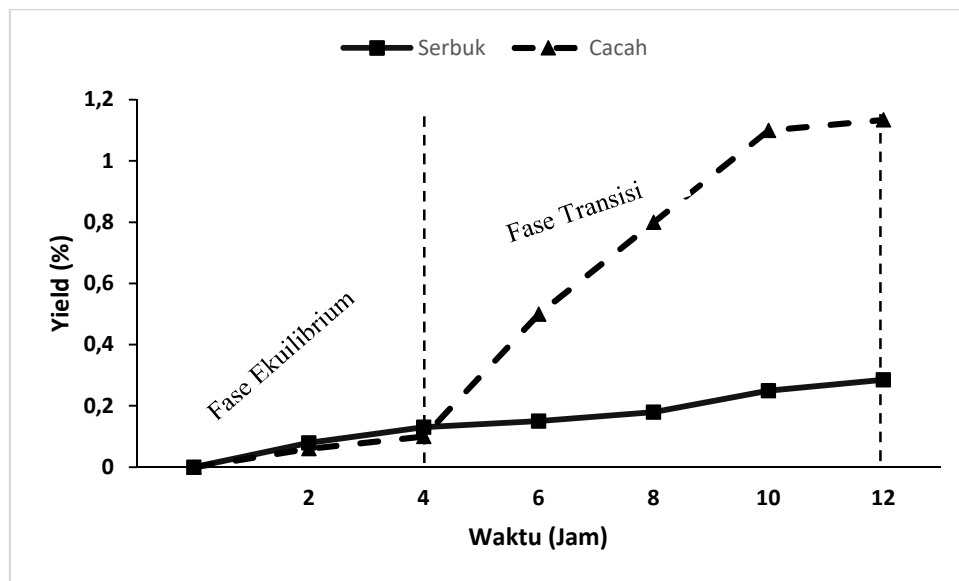
#### **IV.2.2 Pengaruh Lama Waktu Ekstraksi terhadap *Yield* Minyak Gaharu**

Peningkatan *yield* minyak gaharu seiring dengan bertambahnya waktu ekstraksi pada metode MHD dan SFME akan terus terjadi, karena pemanasan dengan menggunakan *microwave* bersifat selektif dan volumetrik. Pemanasan bersifat selektif dalam arti radiasi gelombang mikro bisa langsung menembus labu destilasi (*distiller*) yang bersifat transparan (meneruskan gelombang mikro), sehingga radiasinya bisa langsung diserap oleh bahan dan pelarut yang bersifat menyerap gelombang mikro. Sedangkan pemanasan bersifat volumetrik dalam arti terjadi pemanasan langsung pada keseluruhan volume bahan sehingga pemanasannya bisa seragam (merata) dan berlangsung lebih cepat.

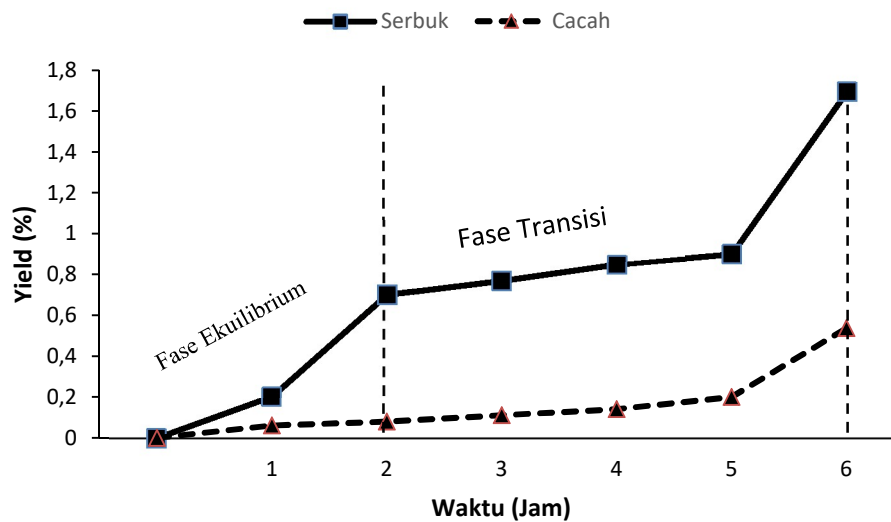
Secara umum, pada proses ekstraksi terdapat tiga tahap penting yaitu: fase ekuilibrium (*equilibrium phase*), fase transisi (*transition phase*), dan fase difusi (*diffusion phase*). Pada fase ekuilibrium (*equilibrium phase*) ini terjadi perpindahan substrat yang terdapat pada lapisan luar dari matriks. Perpindahan substrat tersebut berlangsung dengan laju yang konstan. Kemudian, dilanjutkan dengan fase transisi (*transition phase*) dimana pada tahap ini terjadi perpindahan massa secara konveksi dan difusi. Dan pada fase yang terakhir yaitu fase difusi (*diffusion phase*) yang dapat dilihat dari laju ekstraksi yang berjalan dengan lambat. Selain itu fase difusi (*diffusion phase*) ini dikarakterkan dengan keluarnya ekstrak melalui mekanisme difusi. Pada proses ekstraksi, fase difusi (*diffusion phase*) ini sering dianggap sebagai tahap pembatas (*limiting step*) (Raynie, 2000). Fase difusi yang disebutkan disini berbeda dengan pengertian difusi untuk proses ekstraksi, yang dimaksud difusi yaitu proses perpindahan massa dan panas yang terjadi pada saat ekstraksi berlangsung. Sehingga

pengertian untuk fase difusi (*diffusion phase*) dan proses difusi pada ekstraksi minyak gaharu ini berbeda.

Pada ekstraksi minyak gaharu dengan menggunakan metode MHD dan SFME, waktu ekstraksi juga merupakan salah satu faktor yang perlu diperhatikan. Secara umum dengan semakin lama waktu ekstraksi, maka *yield* yang diperoleh juga akan semakin besar. Akan tetapi dengan semakin lamanya waktu ekstraksi, maka peningkatan *yield* yang diperoleh menjadi semakin kecil (Wang *et al.*, 2008).



**Gambar IV.3** Pengaruh lama waktu terhadap *yield* minyak gaharu yang diperoleh dengan metode MHD daya *microwave* 300 W (bahan baku serbuk, rasio *feed to solvent* 0.2 g/mL; bahan baku cacah rasio *feed to solvent* 0.4 g/mL)



**Gambar IV.4** Pengaruh lama waktu terhadap *yield* minyak gaharu yang diperoleh dengan metode SFME daya *microwave* 300 W (bahan baku serbuk, rasio *feed to distiller* 0.01 g/mL; bahan baku cacah, rasio *feed to distiller* 0.02 g/mL)

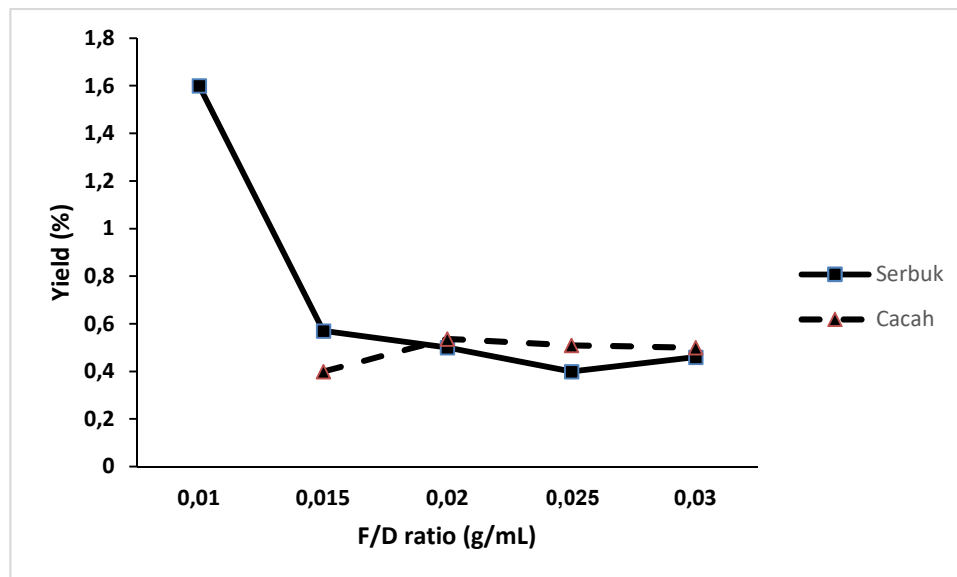
Akan tetapi pada Gambar IV.4 dan IV.5 dapat dilihat bahwa proses ekstraksi minyak gaharu dengan metode MHD dan SFME masih sampai fase transisi (*transition phase*). Dimana pada metode MHD terlihat bahwa waktu yang dibutuhkan untuk mencapai fase ekuilibrium (*equilibrium phase*) lebih lama dibandingkan metode SFME yaitu 4 jam. Sedangkan pada metode SFME, dalam waktu 4 jam telah mencapai fase transisi (*transition phase*).

Pada metode SFME, ekstraksi tidak menggunakan pelarut sehingga daya *microwave* langsung memecah kelenjar minyak dari gaharu sehingga laju ekstraksi cepat dan terjadi peningkatan *yield* minyak gaharu.

#### IV.2.3 Pengaruh Rasio antara Massa Bahan Baku dengan Volume *Distiller* terhadap *Yield* Minyak Gaharu

Pada ekstraksi minyak gaharu dengan metode SFME digunakan rasio antara massa bahan baku terhadap volume *distiller* sebesar untuk bahan serbuk (0,01; 0,015; 0,02; 0,025 dan 0,03 g mL<sup>-1</sup>), cacah (0,015; 0,02; 0,025; 0,03) g mL<sup>-1</sup>. Dimana pada rasio antara bahan baku terhadap volume *distiller* tersebut digunakan massa gaharu bahan serbuk sebanyak 10, 15, 20, 25 dan 30 g sedangkan bahan cacah sebanyak 15, 20, 25, 30 g. Adapun pengaruh dari rasio antara massa bahan baku serbuk dan cacah

terhadap volume *distiller* pada *yield* minyak gaharu yang diperoleh dengan metode SFME dapat dilihat pada Gambar IV.6.



**Gambar IV.5** Pengaruh rasio massa bahan baku terhadap volume *distiller* pada minyak gaharu yang diperoleh dengan metode SFME daya *microwave* 300W (bahan baku serbuk dan cacah,)

Berdasarkan Gambar IV.6 terlihat bahwa *yield* terendah dalam metode SFME adalah bahan serbuk dengan rasio 0.025 g/mL yaitu sebesar 0.4030%. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh dari kadar air yang terkandung dalam bahan yang terikut pada saat proses maserasi. Jumlah kadar air yang berada pada setiap masa yang akan diekstrak memiliki kandungan yang berbeda beda. Proses ekstraksi minyak atsiri dengan metode SFME dengan jumlah kadar air di dalam bahan yang kecil akan mempercepat kenaikan suhu. Dengan adanya kenaikan suhu yang besar sedangkan kandungan air di dalam masa bahan yang kecil maka akan timbul degradasi thermal. Degradasi thermal tersebut akan mengakibatkan kekosongan pada bahan, sehingga kelenjar minyak pada bahan akan rusak, yang mengakibatkan penurunan *yield* minyak gaharu yang dihasilkan (Song et al., 2011). Sedangkan perolehan *yield* tertinggi minyak gaharu terdapat pada bahan serbuk sebesar 1.6931% pada rasio 0.01 g/mL. Hal ini terjadi karena pada rasio terkecil gaharu dapat terekstrak dengan baik dengan tingkat kadar air yang sesuai dengan massa bahan. Kadar air yang digunakan untuk

mengeksktrak merupakan hal yang sangat signifikan dalam perolehan *yield* minyak atsiri.

#### **IV.2.4 Pengaruh Rasio antara Massa Bahan Baku dengan *Solvent* Terhadap Yield Minyak Gaharu**

Salah satu faktor penting yang mempengaruhi ekstraksi minyak menggunakan metode MHD yaitu pemilihan pelarut. Pemilihan pelarut yang sesuai dapat membuat proses ekstraksi berjalan lebih efisien. Berbeda dengan ekstraksi menggunakan metode konvensional, pada ekstraksi minyak gaharu dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solventfree microwave extraction* pemilihan pelarut merupakan hal yang penting untuk mendapat *yield* yang optimal. Hal ini disebabkan karena pada ekstraksi minyak gaharu dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* pemilihan pelarut juga perlu mempertimbangkan kapasitas dari pelarut untuk menyerap energi *microwave* dan kemampuan pemanasannya (Routray dan Orsat, 2011; Eskillsson dan Bjourklund, 2000; Mandal *et al.*, 2007; Chan *et al.*, 2011).

Secara umum, kapasitas dari pelarut untuk menyerap energi *microwave* akan tinggi apabila pelarut yang digunakan memiliki nilai konstanta dielektrik (*dielectric constant*) yang tinggi. Nilai konstanta dielektrik (*dielectric constant*) sendiri menunjukkan kemampuan dari pelarut untuk dapat terpolarisasi oleh medan listrik eksternal dan dapat dianggap sebagai ukuran relatif dari densitas energi *microwave* (Spigno dan De Faveri, 2009). Selain itu, konstanta dielektrik (*dielectric constant*) juga berperan penting dalam menentukan interaksi antara medan listrik dengan matriks. Sehingga dengan semakin tinggi nilai konstanta dielektrik (*dielectric constant*) yang dimiliki oleh pelarut, maka pelarut tersebut akan semakin baik dalam menyerap energi *microwave*. Oleh karena itu pada penelitian ini digunakan air sebagai pelarut. Pemilihan air sebagai pelarut pada penelitian ini juga didasarkan pada hal yang telah dijelaskan sebelumnya yaitu akuades memiliki nilai konstanta dielektrik (*dielectric constant*) yang tinggi yakni sebesar 80,4 (Metaxas, 1996). Diasumsikan air yang digunakan sebagai pelarut memiliki konstanta dielektrik yang sama dengan aquades karena keduanya sama-sama memiliki senyawa dominan yaitu H<sub>2</sub>O. Apabila dibandingkan dengan beberapa pelarut lain seperti metanol, etanol, dan heksana, maka akuades dapat dikatakan memiliki nilai konstanta dielektrik (*dielectric constant*) yang lebih tinggi. Nilai konstanta dielektrik (*dielectric constant*) untuk beberapa pelarut dapat dilihat pada Tabel IV.1.

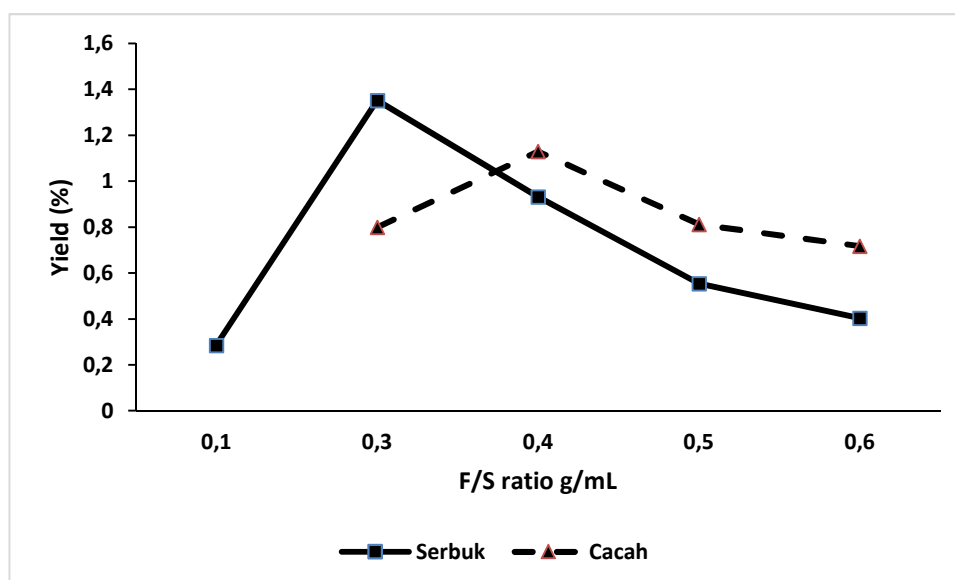
**Tabel IV. 1** Nilai Konstanta Dielektrik (*dielectric constant*) ( $\epsilon'$ ) untuk Beberapa Pelarut pada 2450 MHz dan Temperatur Kamar (Metaxas, 1996)

Pelarut	<i>Dielectric constant</i> ( $\epsilon'$ )
Akuades	80,4
DMSO <sup>a</sup>	45,0
DMF <sup>b</sup>	37,7
Etilen glikol	37,0
Metanol	32,6
Etanol	24,3
Kloroform	4,8
Toluena	2,4
Heksana	1,9

<sup>a</sup>DMSO, dimethyl sulfoxide

<sup>b</sup>DMF, dimethylformamide

Selain itu penggunaan air pada saat proses ekstraksi bertujuan untuk membantu proses pemanasan bahan sekaligus untuk menjaga bahan agar tetap dalam kondisi basah sehingga bahan tidak mudah terbakar. Selanjutnya dilakukan pemanasan menggunakan *microwave* dengan daya 300, 450 dan 600 W. Proses pendinginan dan *recycle* air dilakukan menggunakan *clavenger*. Sedangkan sebagai media pendingin digunakan air. Proses ekstraksi ini dilakukan selama 360 menit dimulai setelah kondensat terbentuk.



**Gambar IV.6** Pengaruh rasio massa bahan baku terhadap solvent *distiller* pada minyak gaharu yang diperoleh dengan metode MHD (bahan baku serbuk dan cacah, daya *microwave* 300 W)



Pembahasan mengenai rasio antara bahan baku yang akan diekstrak dengan pelarut dan kapasitas alat destilasi (*distiller*) ini bermanfaat untuk proses *scale up* alat, yang aplikasinya untuk menentukan perbandingan bahan baku yang akan diekstrak dengan pelarut dan kapasitas alat destilasi yang dapat digunakan agar diperoleh *yield* yang maksimal. Mengingat salah satu faktor yang menyebabkan berkurangnya *yield* minyak atsiri seiring dengan semakin besarnya rasio antara bahan baku yang akan diekstrak dengan pelarut adalah faktor kepadatan bahan, yang merupakan rasio antara massa bahan dan kapasitas volume labu distiller yang digunakan. Faktor rasio ini terkait dengan seberapa padatnya (banyaknya) kondisi bahan baku yang dimasukkan dalam labu destilasi (*distiller*) sehingga proses ekstraksi dan penguapan minyak bisa berjalan sempurna.

Oleh karena itu, rasio antara bahan baku yang akan diekstrak dengan pelarut merupakan salah satu parameter penting yang perlu dioptimasi. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan secara umum dapat dilihat bahwa pada ekstraksi minyak gaharu menggunakan metode MHD semakin banyak bahan baku yang digunakan, maka berat minyak gaharu yang diperoleh akan semakin meningkat. Namun banyaknya massa bahan baku dan besarnya minyak gaharu yang didapat, tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan *yield* minyak gaharu yang diperoleh. Hal ini disebabkan karena *yield* minyak gaharu dipengaruhi oleh faktor rasio antara minyak gaharu yang diperoleh dan massa bahan baku awal. Profil *yield* dari minyak gaharu yang diekstraksi dengan metode MHD untuk bahan serbuk dapat dilihat pada Gambar IV.7

Berdasarkan Gambar IV.7 terlihat bahwa *yield* tertinggi pada ekstraksi minyak gaharu menggunakan metode MHD pada bahan baku serbuk terdapat pada rasio 0.3 g/mL dan bahan baku cacah terdapat pada rasio 0,4 g/mL. Apabila pada ekstraksi minyak gaharu menggunakan metode MHD dengan bahan baku serbuk dan cacah digunakan rasio yang lebih besar, maka *yield* yang diperoleh menjadi lebih kecil. Adanya penurunan *yield* minyak gaharu yang diperoleh dengan metode MHD seiring dengan semakin besarnya rasio antara bahan baku yang akan diekstrak dengan pelarut (rasio antara gaharu dengan akuades yang lebih besar dari 0,3 g/mL untuk bahan serbuk dan 0.4 g/mL untuk bahan cacah). Hal ini disebabkan oleh jumlah air dalam *distiller*

pada proses ekstraksi minyak atsiri gaharu dengan metode MHD. Jumlah rasio antara masa bahan dengan *solvent* yang digunakan sangat berpengaruh dalam perolehan *yield* minyak gaharu. Jumlah *solvent* yang berada dalam labu *distiller* memiliki jumlah yang sama pada setiap proses ekstraksi minyak gaharu yaitu sebesar 50 ml. Sedangkan massa bahan yang digunakan mengalami peningkatan setiap proses ekstraksi minyak atsiri gaharu. Perbandingan rasio antara massa bahan yang memiliki kenaikan dengan jumlah *solvent* yang sama inilah yang menyebabkan menurunnya *yield*.

#### IV.3 Hasil Analisa Properti Fisik dan Kimia Minyak Atsiri Gaharu

Dalam penentuan kualitas dari minyak atsiri gaharu yang diperoleh dari metode MHD dan SFME, maka perlu dilakukan pengujian terhadap sifat fisik dan kimia dari minyak atsiri tersebut. Analisa properti fisik dari minyak gaharu yang diperoleh dengan menggunakan dari metode MHD dan SFME dapat dilakukan dengan cara menentukan berat jenis, kelarutan dalam etanol 90% dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Sedangkan analisa terhadap properti kimia dari minyak gaharu dapat dilakukan dengan cara mengidentifikasi komposisi senyawa yang terdapat pada minyak atsiri menggunakan GC-MS. Selain dapat digunakan untuk memperoleh gambaran tentang kemurnian dan kualitas dari minyak atsiri, dengan cara membandingkan hasil analisa sifat fisik dan kimia dengan data standar mutu ini juga dapat digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya pemalsuan terhadap minyak atsiri. Akan tetapi analisa terhadap sifat fisik dan kimia ini tidak selalu berhubungan langsung dengan aroma yang dihasilkan oleh minyak atsiri (Guenther, 1987).



(a)



(b)



(c)



(d)

**Gambar IV.7** Minyak Gaharu (a) bahan cacah dan (b) bahan serbuk diekstraksi dengan metode SFME , (c) bahan cacah dan (d) bahan serbuk diekstraksi dengan metode MHD

Berdasarkan analisa properti fisik dari minyak gaharu yang diperoleh menggunakan metode MHD didapatkan minyak yang berwarna kuning gelap. Sedangkan dari analisa properti fisik dari minyak gaharu yang diperoleh menggunakan metode SFME didapatkan minyak yang berwarna cokelat kehitaman. Minyak gaharu yang dihasilkan dari metode MHD dan SFME sama-sama memiliki bau khas gaharu yang sangat kuat.

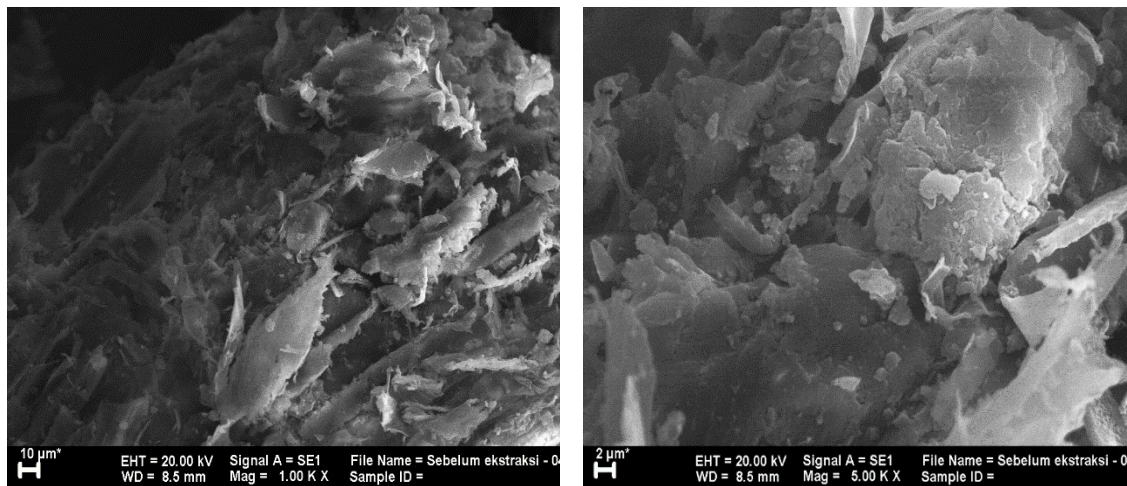
#### **IV.3.1 Hasil Analisa SEM Gaharu dengan Metode *Microwave Hydrodistillation* dan *Solvent-Free Microwave Extraction***

Scanning Electron Microscopy (SEM) merupakan suatu uji yang digunakan untuk menganalisa struktur permukaan bahan. Terdapat tiga sampel yang dianalisa menggunakan SEM yaitu gaharu sebelum diekstrak, gaharu setelah diekstrak menggunakan metode MHD dan gaharu setelah diekstrak menggunakan metode SFME. Morfologi permukaan dari gaharu yang telah dianalisa menggunakan SEM dapat dilihat pada Gambar IV.9.

Morfologi permukaan dari gaharu yang dianalisa menggunakan SEM adalah gaharu yang diekstraksi menggunakan metode MHD dan SFME dengan daya *microwave* 450 W dan massa 10 gram bahan serbuk, 20 gram bahan cacah. Berdasarkan hasil analisa SEM dapat dilihat bahwa metode ekstraksi yang berbeda memberikan perbedaan morfologi permukaan. Berdasarkan Gambar IV.9 terlihat bahwa permukaan

gaharu yang diekstraksi dengan metode MHD dan SFME permukaan keduanya mengalami perubahan struktur menjadi beralur dan lebih tidak rata. Akan tetapi gaharu yang diekstraksi dengan metode SFME strukturnya memiliki pori. Dimana pori tersebut diduga merupakan jalan keluar minyak atsiri ketika diekstraksi.

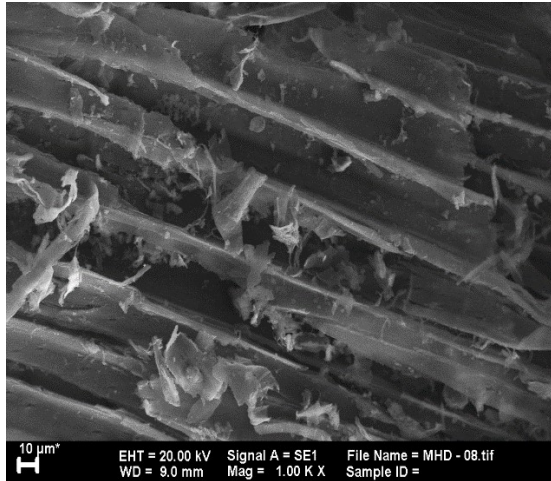
Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan Ferhat *et al.* (2007) tentang minyak dari buah jeruk dengan membandingkan tiga metode yaitu *cold pressing*, *hydrodistillation* dan *microwave 'dry' distillation* dapat diketahui bahwa jaringan tanaman jeruk terdiri dari sel yang dikelilingi dinding, dimana beberapa sel (luar/dalam) tersebut dalam bentuk kelenjar yang berisi minyak. Karakteristik dari kelenjar luar adalah kulitnya yang tipis dan mudah hancur. Minyak jeruk diperoleh dari dalam kantung minyak atau kelenjar minyak yang letaknya berbeda dari kulit buah. Berdasarkan hasil uji SEM hasil metode *microwave assisted distillation* dapat diketahui bahwa struktur selnya kosong tetapi masih utuh. Hal tersebut dapat membuktikan bahwa berdasarkan uji SEM baik untuk tanaman jeruk maupun gaharu sama-sama mengalami perubahan struktur setelah di ekstraksi menggunakan *microwave*.



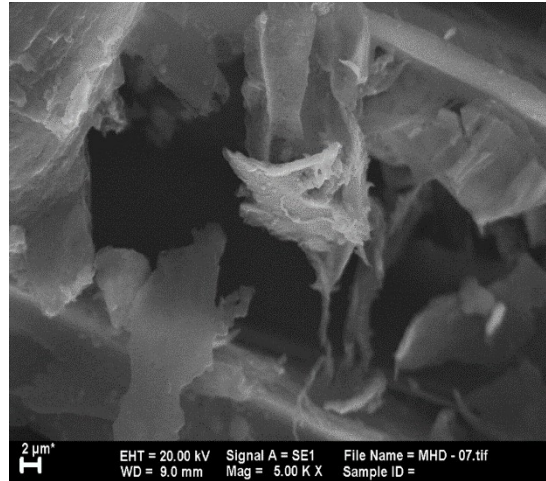
Serbuk

Cacah

(a)

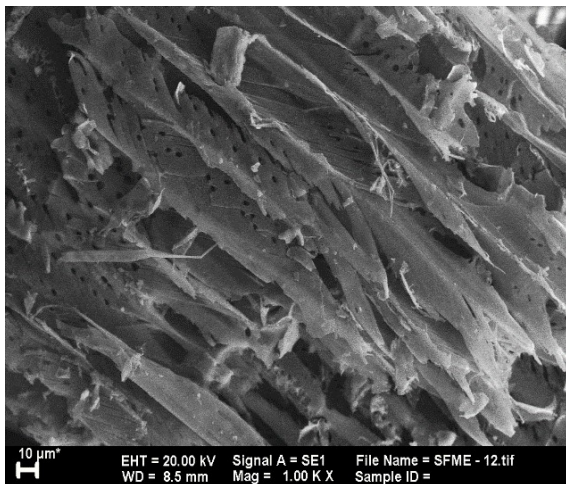


Serbuk

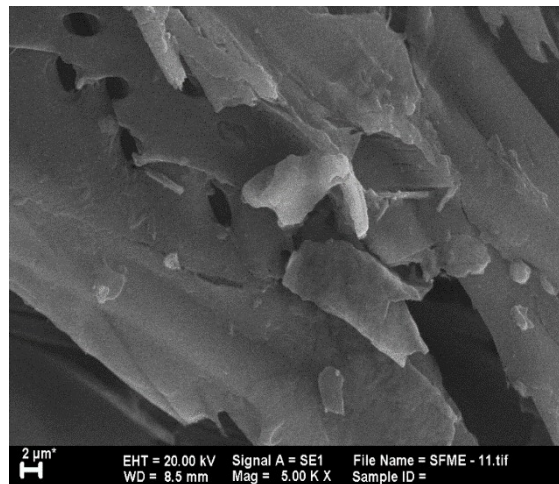


Cacah

(b)



Serbuk



Cacah

(c)

**Gambar IV.8** Hasil SEM dari gaharu dengan perbesaran 1.000 kali untuk bahan serbuk dan cacah (a) sebelum ekstraksi, (b) setelah diekstraksi dengan metode MHD dan (c) setelah diekstraksi dengan metode SFME



#### IV.3.2 Hasil Analisa GC-MS Minyak Gaharu dengan Metode *Microwave Hydro Distillation* dan *Solvent Free Microwave Extracion*

Komponen yang terkandung didalam minyak atsiri dapat diketahui dengan analisa GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*). Metode ini merupakan sebuah metode uji yang menggabungkan metode kromatografi gas dan spektrofotometri massa sehingga dapat diidentifikasi satu demi satu komponen yang ada didalam sampel. Selain untuk mengetahui komponen yang terkandung didalam suatu minyak, analisa ini juga dapat digunakan untuk mengetahui kadar untuk setiap komponennya. Hasil analisa dalam Tabel 4.1 menunjukkan bahwa komponen yang terkandung di dalam minyak gaharu baik menggunakan metode MHD dan SFME adalah sebanyak 8 komponen. Komponen utama pada minyak gaharu yang diekstraksi metode *Microwave Hydrodistillation* adalah *2H-Pyran-2-one, tetrahydro-6, 6-dimethyl-* dengan kadar sebesar 88.64 % dan untuk metode SFME adalah *2H-Pyran-2-one, tetrahydro-6, 6-dimethyl-* dengan kadar sebesar 89.94 %. Dimana komponen *2H-Pyran-2-one, tetrahydro-6, 6-dimethyl-* tersebut merupakan senyawa golongan *other oxygenated compounds*. Dimana senyawa *other oxygenated compounds* ini lebih berpengaruh pada aroma minyak atsiri dibandingkan dengan golongan senyawa yang lainnya. Senyawa *oxygenated compounds* memiliki bau yang sangat harum dan karenanya paling berharga (Ferhat *et al.*, 2007).

Berdasarkan analisa GC-MS, komponen yang terkandung dalam minyak gaharu hanya terdiri dari dua golongan senyawa yaitu *other compounds* dan *other oxygenated compounds*. Jumlah kandungan *other oxygenated compounds* pada minyak gaharu yang diekstraksi dengan metode MHD adalah 90.78%. Sedangkan senyawa *other oxygenated compounds* pada minyak gaharu yang diekstraksi dengan metode SFME adalah 91.23%. Metode SFME pada minyak gaharu menghasilkan *yield* dan kadar *other oxygenated compounds* yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan metode *Microwave Hydrodistillation*.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Sulaiman *et al.*, (2015) dengan bahan baku berupa gaharu dari spesies *Aquilaria* dan *Gyrinops* yang berasal dari Teluk Emas, Malacca. Dari hasil uji analisa GC-MS yang dilakukan terdapat 5 komponen yaitu 10-*epi-γ-eudesmol*, *agarospirol*, *α-guaiene*, *α-agarofuran*, dan 10-*epi-γ-eudesmol*. Hasil ini berbeda dengan uji GC-MS minyak gaharu yang kami peroleh. Hal ini dikarenakan

lokasi geografis pertumbuhan pohon gaharu yang berbeda, seperti yang dijelaskan pada Flavour and Fragrance Journal (2011) yaitu kompilasi dari semua jenis gaharu menunjukkan bahwa senyawa kimia dari berbagai jenis gaharu sangat tergantung pada lokasi geografis pertumbuhan spesiesnya (willeyonlinelibrary.com)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Ferhat *et al.* (2007) tentang minyak dari buah jeruk dengan membandingkan tiga metode yaitu *cold pressing*, *hydrodistillation* dan *microwave 'dry' distillation* dapat diketahui bahwa tingginya jumlah senyawa *oxygenated compounds* dan rendahnya jumlah senyawa *monoterpene hydrocarbons* terdapat dalam minyak tanaman aromatic dan rempah yang diekstraksi dengan menggunakan metode MAD. *Monoterpene hydrocarbons* dalam jumlah banyak terdapat dalam metode *cold pressing* dan *hydrodistillation* dibandingkan dengan metode MAD, tetapi minyak yang diekstrak menggunakan metode MAD memiliki konsentrasi senyawa *oxygenated compounds* yang lebih. *Fast microwave-accelerated distillation* atau *microwave 'dry' distillation* yang disebut sebagai 'MAD' atau 'DryDist' merupakan sebuah metode paten untuk mengisolasi minyak dari produk yang natural dengan mengkombinasikan energi *microwave* dan distilasi alami.

**Tabel IV.1** Komponen dari Minyak Gaharu yang diekstraksi dengan metode *Microwave Hydrodistillation* (MHD) dan *Solvent-Free Microwave Extracion* (SFME)

No	Compound	MHD		SFME	
		RT	area	RT	area
	<b>Other Components</b>				
1	Cyclopentane, methyl-	1.45	7.47	1.47	7.48
2	Cyclohexane	1.58	1.3	1.58	1.17
	<b>Other Oxygeneted Compound</b>				
3	1-Propanol, 2-amino-	1.09	1.44	1.09	0.89
4	2H-Pyran-2-one, tetrahydro-6, 6-dimethyl-	1.34	88.64	1.35	89.94
5	CIS-ISO-EUGENOL	15.52	0.18	15.52	0.1
6	1(2H) - Pyridinecarboxaldehyde, 3,4-dihydro-5-(2-piperidinyl)-	-	-	17.39	0.1
7	2-(4-Bromo-Benzylidene)-cyclo Hexanone	-	-	24.95	0.13
8	8-Methoxy-5,6-dihydrobenzo (1,2-B:5,4-	-	-	21.23	0.2

9	B')difuran-2-Carboxylic acid (3R- (3A.ALPHA.,4A.ALPHA.,5.ALPHA.,9A.BETA.))- 3,5,8-TRIMETHYL-3A,4,4A,5,6,7,9,9A- OCTAHYDROZULENO(6,5-B)FURAN-2(3H)- ONE	21.23	0.31	-	-
10	(4S,5R)-4.beta.-allyl-2,4.alpha.-dimethyl-5-propen- 2-ylcyclohexen-3-one	21.69	0.18	-	-
11	8-naphthol, 1- (benzyloxy)-	24.94	0.21	-	-
	<b>Other Components</b>		<b>8.77</b>		<b>8.65</b>
	<b>Other Oxygenated Compound</b>		<b>90.96</b>		<b>91.36</b>
	<b>Yield (massa = 15 g, daya microwave = 300 W)</b>		<b>1.3521</b>		<b>1.903</b>

Sesuai rancangan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang ditetapkan oleh Dewan Standarisasi Nasional (DSN), masing-masing kelompok produk gaharu tersebut dibagi lagi menjadi beberapa kelas seperti pada table berikut :



**Tabel IV.2** Klasifikasi mutu produk gaharu berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI)

No	Klasifikasi dan kelas mutu	Warna	Kandungan damar	Aroma
<i>A</i> A1 A2 A3	<i>Gubal</i> Mutu utama (U) setara dengan mutu super Mutu pertama (I) setara dengan mutu AB Mutu kedua (II) setara dengan Sabah Super (SBI)	Hitam merata Hitam coklat Hitam kecoklatan	Tinggi Cukup Sedang	Kuat Kuat Agak kuat
<i>B</i> B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7	<i>Kemedangan</i> Mutu I, setara TG-A (Tanggung A) Mutu II, setara SBI Mutu II, setara TAB Mutu IV, setara TG-C (Tanggung C) Mutu V, setara mutu M1 (Kemedangan 1) Mutu VI, setara mutu M2 (Kemedangan 2) Mutu VII, setara mutu M3 (Kemedangan 3)	Coklat kehitaman Coklat bergaris hitam Coklat bergaris putih Coklat bergaris putih Kecoklatan bergaris putih lebar Putih keabuan garis hitam tipis Putih keabuan	Tinggi Cukup Sedang Sedang Sedang Kurang Kurang	Agak kuat Agak kuat Agak kuat Kurang kuat Kurang kuat Kurang kuat Kurang kuat
<i>C</i> C1 C2 C3	<i>Abu</i> Mutu utama (U) Mutu pertama (I) Mutu kedua (II)	Hitam Coklat kehitaman Putih kecoklatan atau kekuningan	Tinggi Sedang Kurang	Kuat Sedang Kurang kuat

Pada tabel IV.2 terlihat bahwa gaharu memiliki klasifikasi yang bermacam macam, mulai dari kelas A sampai dengan gaharu kelas C. Berdasarkan hasil uji ekstraksi minyak gaharu dengan metode SFME menunjukan warna biru tua yang condong ke warna hitam dengan aroma khas gaharu yang cukup kuat. Sedangkan untuk metode ekstraksi minyak gaharu MHD menunjukan bahwa warna lebih condong kecoklatan atau kekuningan bening yang memiliki aroma minyak gaharu kurang kuat.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### V.1 Kesimpulan

1. Metode *Microwave Hydrodistillation* (MHD) dan metode *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME) dapat digunakan untuk mengekstrak gaharu, namun untuk mendapatkan hasil yang maksimum sebaiknya digunakan metode SFME.
2. Perbandingan hasil ekstraksi yang didapat dengan menggunakan metode MHD dan SFME didapatkan hasil :

Yield minyak gaharu untuk bahan serbuk lebih besar menggunakan metode SFME dibandingkan dengan metode MHD. Metode MHD dan SFME dengan massa dan daya yang sama yaitu 10 g dan 300 W menghasilkan yield sebesar 0,2847 % untuk metode MHD dan 1.9030 % untuk metode SFME.

Sedangkan Yield minyak gaharu untuk bahan cacah lebih besar menggunakan metode MHD dibandingkan dengan metode SFME. Metode MHD dan SFME dengan massa daya yang sama yaitu 20 g dan 300 W menghasilkan yield sebesar 1.1341 % untuk metode MHD dan 0.5370 % untuk metode SFME.

Berdasarkan analisa GC-MS, komponen terbesar yang terdapat pada ekstraksi minyak atsiri gaharu berupa *2H-Pyran-2-one*, *tetrahydro-6, 6-dimethyl-* yang termasuk senyawa *oxygenated compounds*. Dimana senyawa *oxygenated compounds* lebih berpengaruh pada aroma minyak atsiri dari pada dibandingkan dengan golongan senyawa yang lainnya. Senyawa *oxygenated compounds* memiliki bau yang sangat harum dan karenanya paling berharga (Ferhat *et al.*, 2007).

3. Kondisi operasi optimal untuk ekstraksi minyak gaharu dengan metode *Microwave Hydrodistillation* (MHD) dan metode *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME) yaitu:

Kondisi rasio optimal pada metode MHD untuk bahan gaharu serbuk yaitu 0,3 g mL<sup>-1</sup> dan cacah 0,4 g mL<sup>-1</sup>. Sedangkan pada metode SFME untuk bahan gaharu serbuk yaitu 0.01 g mL<sup>-1</sup> dan cacah 0.02 g mL<sup>-1</sup>.

Daya *microwave* optimum yang diperlukan untuk proses ekstraksi minyak gaharu pada metode MHD adalah 450 W, sedangkan untuk metode SFME yaitu 300 W.

Pada pengaruh lama waktu ekstraksi, metode MHD membutuhkan waktu yang lama untuk mengekstrak matriks terluar gaharu. Sehingga *yield* yang dihasilkan pada bahan serbuk sedikit. Sedangkan untuk metode SFME, membutuhkan waktu yang lebih cepat untuk mengekstrak matriks terluar gaharu sehingga pada bahan serbuk *yield* yang dihasilkan lebih besar.

## V.2 Saran

1. Variasi ukuran bahan yang akan diekstrak perlu dikaji lebih dalam untuk mengetahui seberapa besar pengaruh terhadap *yield* dan kualitas dari minyak gaharu yang diperoleh dengan menggunakan metode *Microwave Hydrodistillation* (MHD) dan *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME).
2. Waktu perendaman pada saat maserasi untuk metode *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME) sebaiknya perlu dikaji lebih dalam untuk mengetahui seberapa besar pengaruh terhadap *yield* dan kualitas dari minyak gaharu yang diperoleh.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiyasa, I. W.P., Wartini, N.M., Yoga, I. W. Gd. S., Karakteristik minyak atsiri daun pandan wangi (*Pandanus Amaryllifolius* Roxb.) hasil perlakuan lama *Curing* dan lama ekstraksi
- Asghari, J., Touli, C. K., Mazaheritehrani, M., dan Maghdasi, M, 2012, Comparison of the microwave-assisted hydrodistillation with the traditional hydrodistillation method in the extraction of essential oils from *Ferulago angulata* (Schelcht.) Boiss, *European Journal of Medicinal Plants*, 2(4), 324-334
- Bayramoglu, B., Sahin, S., Sumnu, G., 2008, Solvent-free microwave extraction of essential oil from oregano, J, *Food Eng*, 88, 535–540
- Bustamante, J., Stempvoort, S. V., Gallarreta, M.G., Houghton, J. A., Briers, H. K., Budarin, V. L., Matharu, A. S., Clark, J. H, 2016, Microwave assisted hydrodistillation of essential oils from wet citrus peel waste, *Journal of Cleaner Production*, 137
- Chemat, F., Lucchesi, M.E., Smadja, J., Favretto, L., Colnaghi, G., Visinoni, F, 2006, Microwave accelerated steam distillation of essential oil from lavender: A rapid, clean and environmentally friendly approach, *Analytica Chimica Acta*, 555, 157–160
- Chen, F., Zu, Y., dan Yang, L. 2015. “*A Novel Approach for Isolation of Essential Oil from Fresh Leaves of Magnolia Sieboldii using Microwave-Assisted Simultaneous Distillation and Extraction*”. Separation and Purification Technology Vol. 154, hal. 271-280
- Ferhat, M.A., Meklati, B.Y., dan Chemat, F. 2007. “*Comparison of Different Isolation Methods of Essential Oil from Citrus Fruits: Cold Pressing, Hydrodistillation and Microwave „Dry” Distillation*”. Flavour and Fragrance Journal, Vol. 22, hal. 494-504
- Djafar, F., Supardan, M.D., Gani, A., 2010, Pengaruh ukuran partikel, sf rasio dan waktu proses terhadap rendemen pada hidrodistilasi minyak jahe (*The Influence Of Particle Size, Sf Ratio And Time Of Process To Yield In Hydrodistillation Of Ginger Oil*), 23

- Golmakani., Taghi, M., Mahsa, M., 2015, Comparison of heat and mass transfer of different microwave- assisted extraction methods of essential oil from Citrus limon (*Lisbon variety*) peel, *Food Science & Nutrition*
- Guether, E.1987. Minyak Atsiri Jilid I. Jakarta : Universitas Indonesia
- Habibi, W., Haq A. Z., Prihatini, P., Mahfud, M, 2013, Perbandingan Metode *Steam Distillation* dan *Steam-Hydro Distillation* dengan *Microwave* Terhadap Jumlah Rendemen Serta Mutu Minyak Daun Cengkeh (*Syzygium Aromaticum*). *JURNAL TEKNIK POMITS*, 2, 2301-9271
- Hashim, Y. Z. H.-Y., Kerr, P. G., Abbas, P., Salleh, H. M., 2016, *Aquilaria* spp. (agarwood) as source of health beneficial compounds : A review of traditional use, phytochemistry and pharmacology, *Journal of Ethnopharmacology*, 189, 331–360
- Hanif, M. A., Al-Maskari, M. Y., Al-Makari, A., Al-Shukaili, A., Al-Maskari, A. Y., Al-Sabahi, J. N, 2011, Essential Oil Composition, Antimicrobial and AntioxidantActivities of Unexplored Omani Basil, *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(5), 751-757
- Jok, V. A., Radzi, N. C., Hamid, K. H. K, 2015, Agarwood Oil Yield As A Result of Changes in Cell Morphology Due To Soaking Process, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, 2443 – 2450
- Kurniasari, L., Hartati, I., Ratnani, R.D., Sumantri, I, 2008, Kajian ekstraksi minyak jahe menggunakan *Microwave Assisted Extraction (Mae)*, *Momentum*, 4, 47 – 52
- Kusuma, H.S., Mahfud, M, 2015, Microwave-assisted Hydrodistillation for Extraction of Essential Oil from Patchouli (*Pogostemon cablin*) Leaves, *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, 10(3311)
- Liang, H., Hu, Z., dan Cai, M. 2008. “*Desirability function Approach for the Optimazion of Saikosaponins from radix bupleuri*”, Separation and purification technology, Vol. 61, No. 3, hal. 266-275.
- Mahfud, M, F, A. Chandra K., Qadariyah, L., dan Prihatini, P, 2015, Distillation Assisted by Microwave for Extracting Essential Oilfrom Java Cananga Flowers, *Modern Applied Science*, 9

- Metaxas, A.C. (1996), *Foundations of Electroheat: A Unified Approach*, Wiley, New York.
- Mollasalehi, S., Kashefi, B., Moghaddam H. H, 2013, Comparison Of Microwave Assisted And Hydrodistillation Methods For Extraction Of Essential Oil From *Achillea Millefolium*, *Journal Of Chemical Health Risks*, 3(2), 39-46
- Moradalizadeh, M., Samadi, N., Rajaei, P, 2013, Comparison of Hydrodistillation, Microwave Hydrodistillation and Solvent Free Microwave Methods in analysis of the essential oils from aerial parts of *Haplophyllum robustum* Bge. By GC/MS method, *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 1(9), 1058-1067
- Nurdiyana Binti Abu Bakar Sidik, 2008, Comparison of gaharu (*Aquilaria malaccensis*) essential oil composition between each country. A Thesis Submitted In Fulfillment Of The Requirements For The Award Of The Degree Of Bachelor Of Chemical Engineering
- Raynie, D.E. 2000. "Extraction", dalam *Encyclopedia of Separation Science*, eds. Wilson I.D., Adlard E.R., Cooke M., dan Poolie C.F., Academic Press, San Diego
- Samadi, M., Abidin, Z. Z., Yunus, R., Biak, D. R. A., Yoshida, H., Lok, E. H, 2016, Assessing the kinetic model of hydro-distillation and chemical composition of *Aquilaria malaccensis* leaves essential oil, *Chinese Journal of Chemical Engineering*
- Sahraoui, N., Vian, M. A., Maataoui, M. E., Boutekedjiret, C., Chemat, F, 2011, Valorization of citrus by-products using Microwave Steam Distillation, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12, 163–170
- Sulaiman, N., Idayu, M. I., Ramlan, AZ., Fashya, M. N., Farahiyah, AN. N., Mailina, J., Azah, MA. N, 2015, Effects of extraction methods on yield and chemical compounds of gaharu (*aquilaria malaccensis*). *Journal of Tropical Forest Science*, 27(3), 413–419
- Wang, H.W., Liu, Y.Q., Wei, S.L., Yan, Z.J., Lu, K, 2010, Comparison of Microwave-Assisted and Conventional Hydrodistillation in the Extraction of Essential Oils from Mango (*Mangifera indica* L.) Flowers, *Molecules*, 15, 7715-7723

- Wang, Y., You, J., Yu, Y., Qu, C., Zhang, H., dan Ding, L. 2008. “Analysis of Ginsenosides in *Panax Ginseng* in High Pressure Microwave-assisted Extraction”, *Food Chemistry*, Vol. 110, No. 1, hal. 161–167.
- Warren L Mc.Cabe, Julian C. Smith, Peter Harriot, 1993, Unit operation of chemical engineering. New Delhi : Mc GrawHill

## APPENDIKS A

### CONTOH PERHITUNGAN

Contoh perhitungan dari data variabel gaharu serbuk pada rasio 0,01 g mL<sup>-1</sup> dan daya 300 Watt :

#### 1. Perhitungan *Yield*

Massa bahan = 10,0584 gram

Massa vial kosong = 13,8388 gram

Massa vial + minyak = 13,8672 gram

Massa minyak = 0,1703 gram

Kadar air = 0,1103%

$$\begin{aligned} \text{yield} &= \frac{\text{massa minyak}}{\text{massa bahan} (1 - x)} \times 100\% \\ &= \frac{0,1703}{10,0584 (1 - 0,1103)} \times 100\% \\ &= 1,6931\% \end{aligned}$$



## APPENDIKS B

### DATA HASIL PENELITIAN

**Tabel B.1** Data *yield* hasil percobaan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dengan bahan gaharu cacah

No	Daya (W)	Rasio (g/ml)	Yield (%)
1	300	0,3	0,8013
2		0,4	1,1341
3		0,5	0,8114
4		0,6	0,7177
5	450	0,3	-
6		0,4	1,2519
7		0,5	-
8		0,6	-
9	600	0,3	-
10		0,4	0,7460
11		0,5	-
12		0,6	-

**Tabel B.2** Data *yield* hasil percobaan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dengan bahan gaharu serbuk

No	Daya (W)	Rasio (g/ml)	Yield (%)
1	300	0,3	0,2847
2		0,4	0,7788
3		0,5	0,9322
4		0,6	0,4036
5	450	0,3	-
6		0,4	1,3521
7		0,5	-
8		0,6	-
9	600	0,3	-
10		0,4	0,9502
11		0,5	-
12		0,6	-

**Tabel B.3** Data *yield* hasil percobaan menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan bahan gaharu cacah

No	Daya (W)	Rasio (g/ml)	Yield (%)
1	300	0,01	-
2		0,015	-
3		0,02	0,5370
4		0,025	-
5		0.03	-

**Tabel B.4** Data *yield* hasil percobaan menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan bahan gaharu serbuk

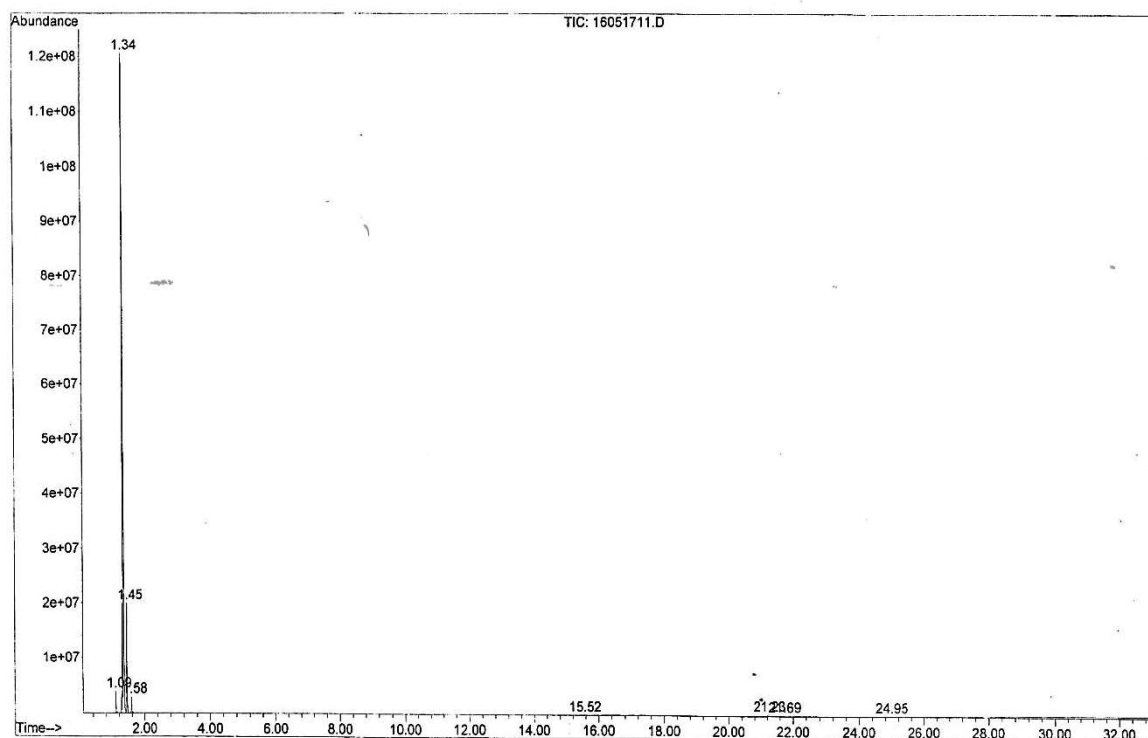
No	Daya (W)	Rasio (g/ml)	Yield (%)
1	300	0,01	1.6931
2		0,015	0.5792
3		0,02	0,5098
4		0,025	0.4030
5		0.03	0.4625

## APPENDIKS C

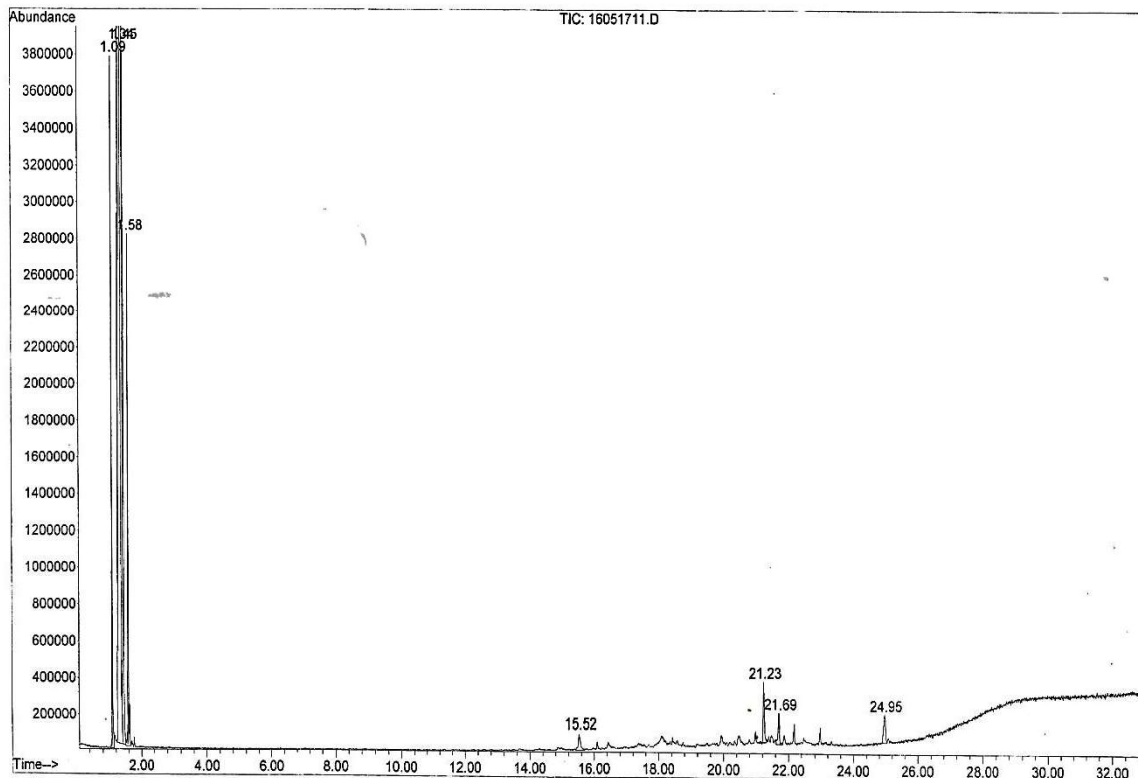
### HASIL ANALISA KOMPONEN GC-MS

#### 1. Hasil Analisa Komponen Minyak Gaharu dengan Metode *microwave hydrodistillation*

File : C:\MSDCHEM\1\DATA\PROFILING\2017\16051711.D  
Operator : tiko  
Acquired : 17 May 2017 13:27 using AcqMethod PROFILE1.M  
Instrument : Instrument #1  
Sample Name : 5-135  
Misc Info : 0.4 ul split 1:100 scan 20-600 amu  
Vial Number: 1



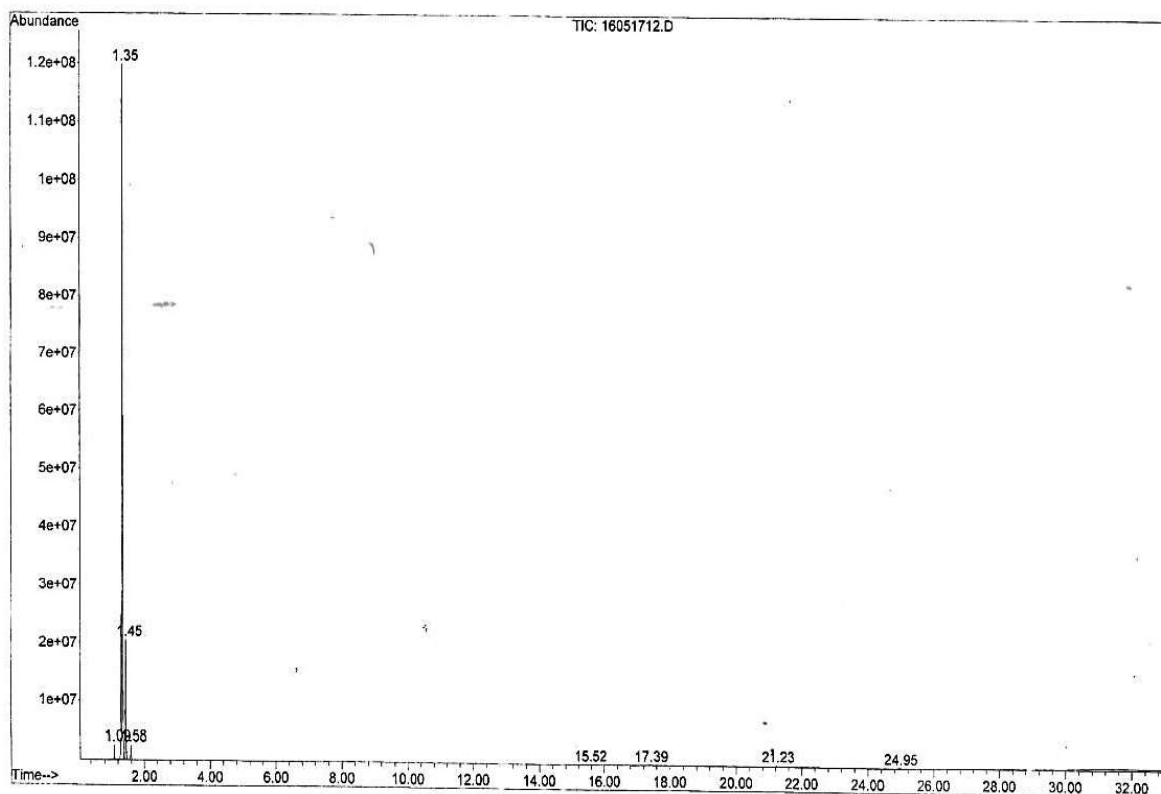
File :C:\MSDCHEM\1\DATA\PROFILING\2017\16051711.D  
 Operator : tiko  
 Acquired : 17 May 2017 13:27 using AcqMethod PROFILE1.M  
 Instrument : Instrument #1  
 Sample Name: 5-135  
 Misc Info : 0.4 ul split 1:100 scan 20-600 amu  
 Vial Number: 1



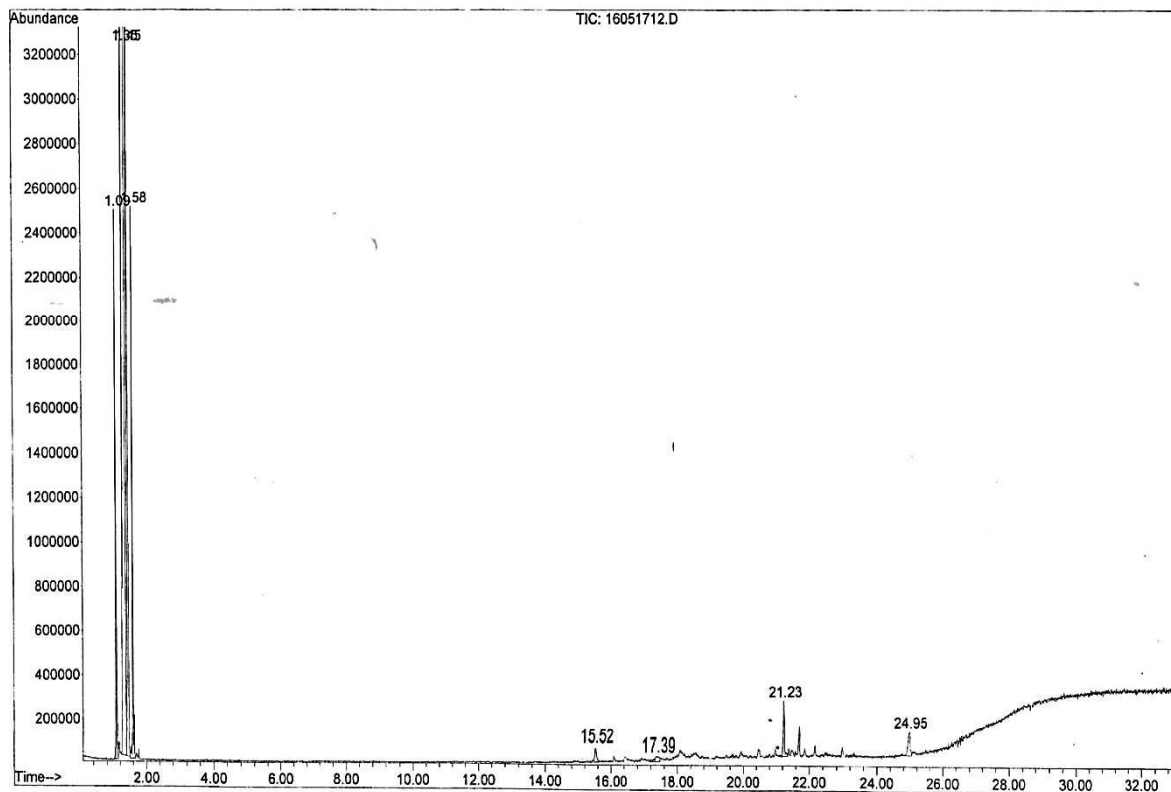
Retention Time	Nama Senyawa	% Area
1.34	2H-Pyran-2-one, tetrahydro-6, 6-dimethyl-	88,64
1,09	1-Propanol, 2-amino-	1,44
15,52	CIS-ISO-EUGENOL	0,18
21,23	3A.ALPHA.,4A.ALPHA.,5.ALPHA.,9A.BETA.	0,31
24,94	8-napthol, 1- (benzyloxy)-	0,21
21,69	(4S,5R)-4.beta.-allyl-2,4.alpha.-dimethyl-5-propen-2-ylcyclohexen-3-one	0,18
1,45	Cyclopentane, methyl-	7,47
1,58	cyclohexane	1,3

2. Hasil Analisa Komponen Minyak Gaharu dengan Metode *solvent-free microwave extraction*

File :C:\MSDCHEM\1\DATA\PROFILING\2017\16051712.D  
Operator : tiko  
Acquired : 17 May 2017 14:15 using AcqMethod PROFILE1.M  
Instrument : Instrument #1  
Sample Name: 5-136  
Misc Info : 0.4 ul split 1:100 scan 20-600 amu  
Vial Number: 1



File :C:\MSDCHEM\1\DATA\PROFILING\2017\16051712.D  
 Operator : tiko  
 Acquired : 17 May 2017 14:15 using AcqMethod PROFILE1.M  
 Instrument : Instrument #1  
 Sample Name: 5-136  
 Misc Info : 0.4 ul split 1:100 scan 20-600 amu  
 Vial Number: 1



Retention Time	Nama Senyawa	% Area
1.35	2H-Pyran-2-one, tetrahydro-6, 6-dimethyl-	89,94
1,09	1-Propanol, 2-amino-	0,89
15,52	CIS-ISO-EUGENOL	0,1
17,39	1(2H) - Pyridinecarboxaldehyde, 3,4-dihydro-5-(2-piperidiny)-	0,1
24,95	2-(4-Bromo-Benzylidene)-cyclo Hexanone	0,13
21,23	8-Methoxy-5,6-dihydrobenzo (1,2-B:5,4-B')difuran-2-Carboxylic acid	0,2
1,47	Cyclopentane, methyl-	7,48
1,58	cyclohexane	1,17

## APPENDIKS D

### DOKUMENTASI PENELITIAN



Serbuk



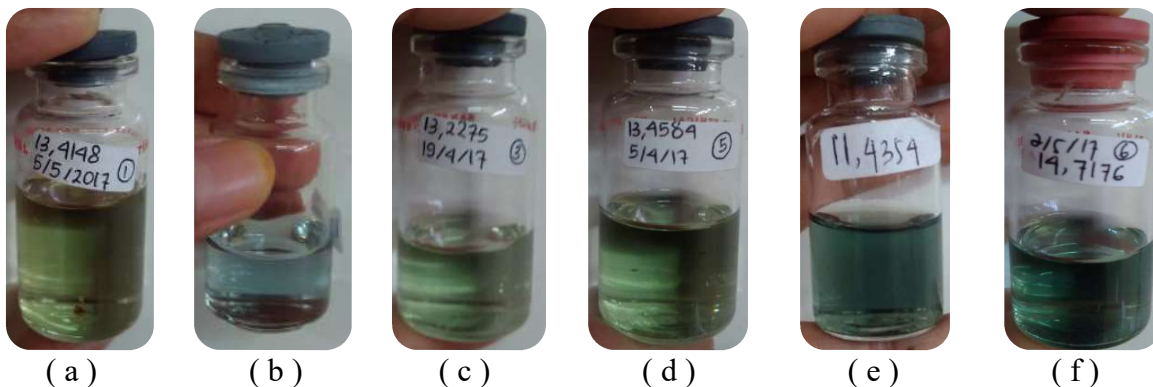
Cacah

**Gambar D.1** Gaharu

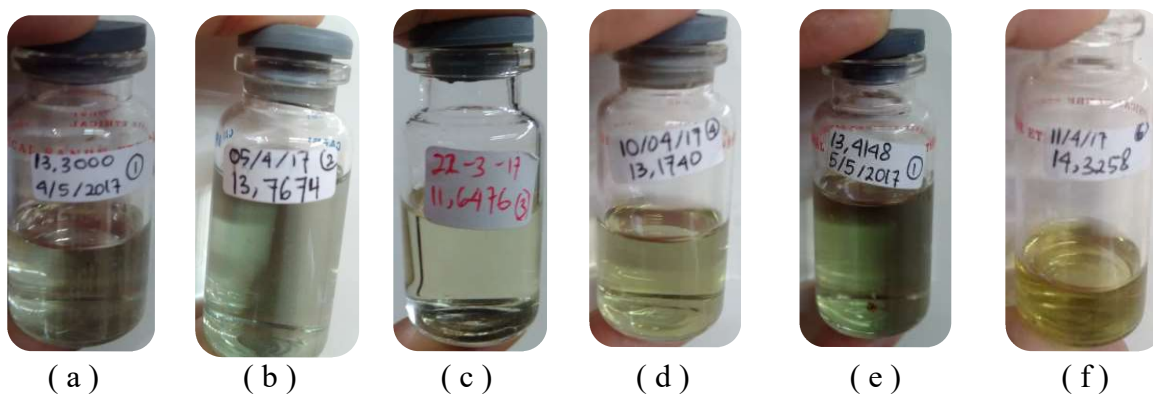


**Gambar D.2** Peralatan *Microwave Hydrodistillation* dan *Solvent-Free Microwave Extraction*





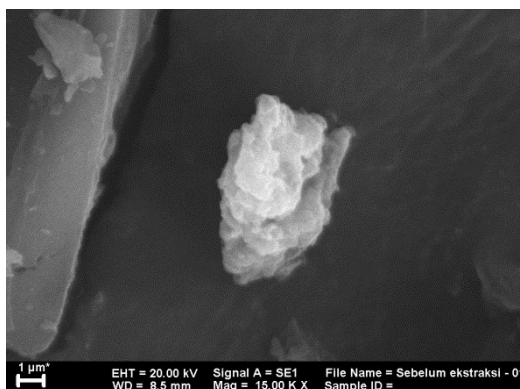
**Gambar D.3** Pengambilan Hasil Ekstraksi Minyak Atsiri Gaharu dengan Metode *Solvent-Free Microwave Extraction* selama : (a) 1 jam; (b) 2 jam; (c) 3 jam; (d) 4 jam; (e) 5 jam; dan 6 jam.



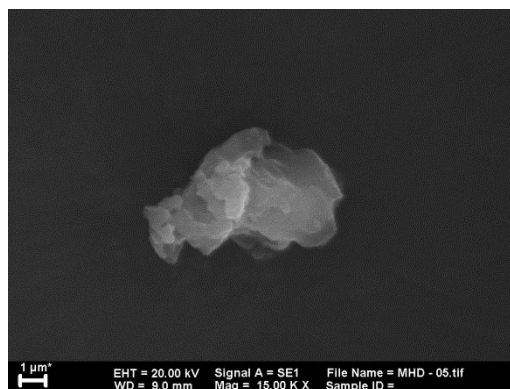
**Gambar D.4** Pengambilan Hasil Ekstraksi Minyak Atsiri Gaharu dengan Metode *Microwave Hydrodistillation* selama : (a) 1 jam; (b) 2 jam; (c) 3 jam; (d) 4 jam; (e) 5 jam; dan 6 jam.



**Gambar D.5** Pengambilan Hasil Ekstraksi Minyak Atsiri Gaharu Setelah Penguapan

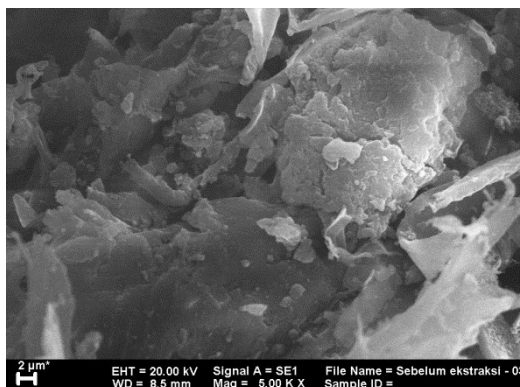


(a)

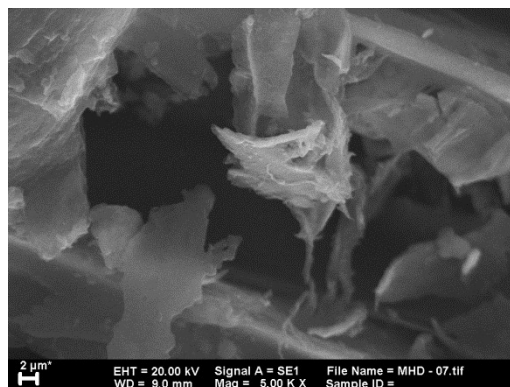


(b)

**Gambar D.6** Pengambilan Hasil SEM Gaharu dengan Perbesaran 15.000 kali (a) Sebelum Ekstraksi (b) Sesudah Ekstraksi

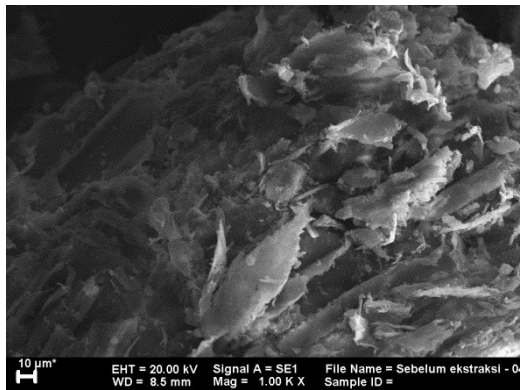


(a)

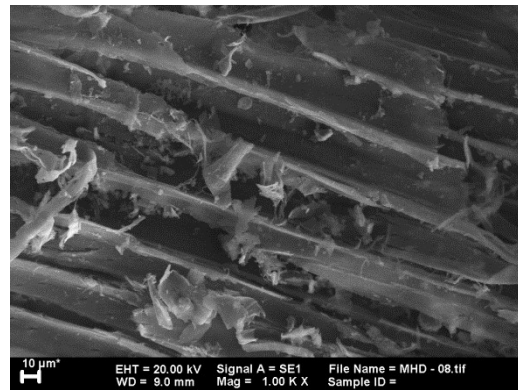


(b)

**Gambar D.7** Pengambilan Hasil SEM Gaharu dengan Perbesaran 5.000 kali (a) Sebelum Ekstraksi (b) Sesudah Ekstraksi

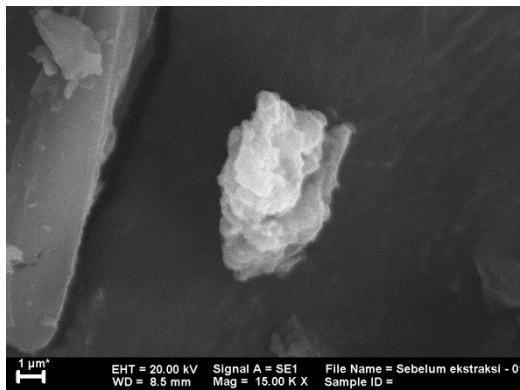


(a)

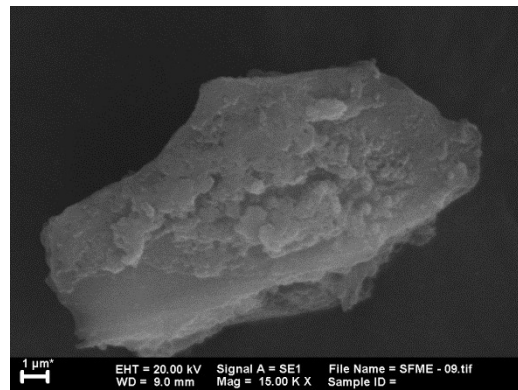


(b)

**Gambar D.8** Pengambilan Hasil SEM Gaharu dengan Perbesaran 1.000 kali (a) Sebelum Ekstraksi (b) Sesudah Ekstraksi

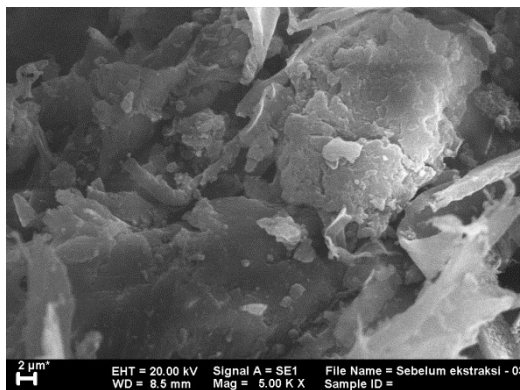


(a)

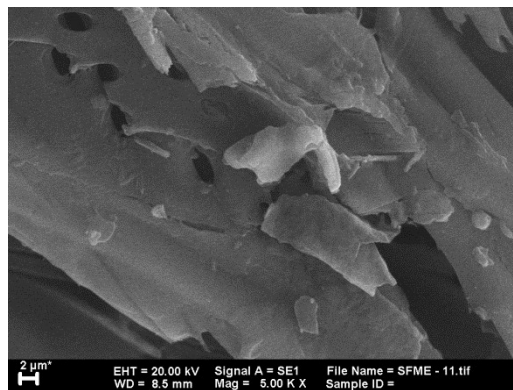


(b)

**Gambar D.9** Pengambilan Hasil MHD Gaharu dengan Perbesaran 15.000 kali (a) Sebelum Ekstraksi (b) Sesudah Ekstraksi

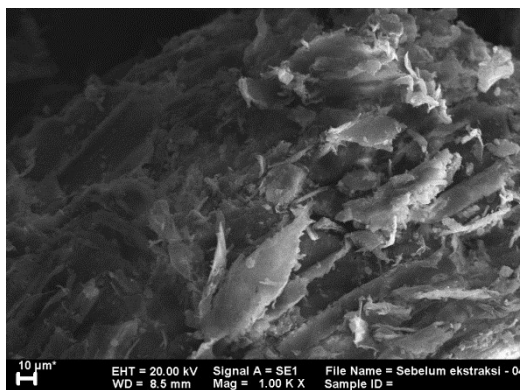


(a)



(b)

**Gambar D.10** Pengambilan Hasil MHD Gaharu dengan Perbesaran 5.000 kali (a) Sebelum Ekstraksi (b) Sesudah Ekstraksi



(a)



(b)

**Gambar D.11** Pengambilan Hasil MHD Gaharu dengan Perbesaran 1.000 kali (a) Sebelum Ekstraksi (b) Sesudah Ekstraksi

## RIWAYAT PENULIS



Penulis lahir di Sragen, 19 Januari 1993. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan SD pada tahun 1999-2005 di SD Negeri 12 Sragen, SMP pada tahun 2005-2008 di SMP Negeri 5 Sragen, dan SMA pada tahun 2008-2011 di SMA Negeri 1 Sragen, D-III di Universitas Diponegoro Jurusan Teknik Kimia pada tahun 2011-2014. Penulis melanjutkan studi S-1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, dan mengambil Jurusan Teknik Kimia.

Penulis mengerjakan tugas akhir di Laboratorium Teknologi Proses Kimia. Selama proses penulisan tugas akhir penulis membuat Pra Desain Pabrik Metil Klorida dengan Proses Hidroklorinasi dan Skripsi Ekstraksi Minyak Atsiri dari Gaharu (*Aquilaria Malaccensis*) Dengan Menggunakan Metode *Microwave Hydrodistillation* Dan *Solvent-Free Microwave Extraction*.

Data Pribadi Penulis	
<b>Nama</b>	: Linda Putri Leksono
<b>Alamat</b>	: Sidodadi RT 02/08 Karang Tengah Sragen
<b>Email</b>	: <a href="mailto:linda.leksono@gmail.com">linda.leksono@gmail.com</a>
<b>Telp</b>	: 085642449111